পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ কর্তৃক উচ্চতর ও বহুমুখী বিদ্যালয়ের জন্য নির্ধারিত পাঠ্যসূচী অনুযায়ী লিখিত।

মধ্যশিক্ষা রসায়ন

২য় খণ্ড

(দশম শ্রেণীর জন্য)

কৃষ্ণচন্দ্র ব্যানার্জী এম্. এস্ সি.

সালকিয়া এ. এস (বহুমুখী, উচ্চ মাধ্যমিক) স্কুলের রসায়ন শিক্ষক

ও

ডঃ দ্বিজেন্দ্র নাথ মুখার্জী এম্. এস্-সি ; ডি. ফিল

স্যার পি. সি, রায় রিসার্চ ফেলো।

(কলিকাতা ইউনিভার্সিটি সায়েন্স কলেজ)

কে. এন্. পাবলিশিং

সালকিয়া—হাওড়া

প্রকাশক ঃ
কেদারেশ্বর ব্যানার্জী
কে. এন্. পাবলিশিং
১৪/১, পেস্কার লেন
সালকিয়া—হাওড়া

মুদ্রাকর ঃ
শ্রীসুনীল কুমার রুদ্র
রুদ্র এণ্ড কোং প্রাইভেট লিঃ
(প্রিন্টিং সেকশন)
৩২, মদন মিত্র লেন, কলিকাতা-৬

প্রাপ্তিস্থান ঃ
মেসার্স চট্টোপাধ্যায় ব্রাদার্স
১/১/১এ ও বি, বঙ্কিম চ্যাটার্জী ষ্ট্রীট
(কলেজ স্কোয়ার) কলিকাতা-১২

নিউ ইণ্ডিয়া পাবলিশার্স
৮এ, কলেজ রো
কলিকাতা-৯

দ্বিতীয় সংস্করণ—নভেম্বর, ১৯৬০

তৃতীয় সংস্করণের নিবেদন

শ্রদ্ধেয় শিক্ষকমণ্ডলীর সহযোগিতা ও সহানুভূতিলাভে ধন্য হইয়া 'মধ্যশিক্ষা রসায়ন ২য় খণ্ডের' তৃতীয় সংস্করণ প্রকাশিত হইল। সেইজন্য শিক্ষক মহাশয়দের নিকট গ্রন্থকারদ্বয় আন্তরিকভাবে কৃতজ্ঞ। পুস্তকটিকে আরও উন্নত ও ত্রুটিমুক্ত করিবার জন্য বিভিন্ন বিদ্যালয়ের রসায়ন শিক্ষক মহাশয়গণ যে সকল অভিমত জ্ঞাপন করিয়াছেন সেইগুলির দিকে দৃষ্টি রাখিয়া পুস্তকটিকে যথাসম্ভব পরিবর্দ্ধিত ও পরিমার্জিত করা হইয়াছে।

প্রত্যেক অধ্যায়ের শেষে বিভিন্ন প্রকারের প্রশ্নাবলী ইংরাজী ও বাংলা উভয় ভাষায় সন্নিবেশিত করা হইয়াছে তাহা বিজ্ঞান শিক্ষক মহলে যথেষ্ট প্রশংসিত হওয়ায় গ্রন্থকারদ্বয় পরম উৎসাহিত হইয়াছেন। ৪র্থ, ৫ম ও ৬ষ্ঠ অধ্যায়ে রাসায়নিক সমীকরণ সংক্রান্ত সরল গণনার বিভিন্ন উদাহরণ ও প্রশ্নাবলী ছাত্র ও শিক্ষকমহলে সমাদৃত হওয়ায় আমরা আনন্দিত হইয়াছি।

এই সংস্করণে কোন কোন স্থানে বিষয়বস্তুর আলোচনায় নূতন যোজনা করা হইয়াছে যাহাতে বিষয়বস্তু আরোও সম্পূর্ণ ও সহজবোধ্য হয়। কারিগরী বিভাগের ছাত্রদের প্রয়োজনে কোন কোন অধ্যায়ে বিষয়বস্তুর আলোচনা বিস্তৃত করা হইয়াছে এবং পর্য্যায় সারণীর ছকটিও দেওয়া হইয়াছে। কয়েকটি পুরাতন রেখাচিত্র পরিবর্তন করিয়া অধিকতর সুষ্ঠু রেখাচিত্র দেওয়া হইয়াছে। ছাত্রদের সুবিধার জন্য পুস্তকের শেষে মধ্যশিক্ষা পর্ষতের গত কয়েক বৎসরের পরীক্ষার ১ম পত্র দেওয়া হইল।

উপর্যোক্ত কারণে পুস্তকের আকার বদল করা হইল। সেইহেতু পুস্তকটির মূল্য সামান্য বৃদ্ধি করা হইল।

আশা করি শিক্ষকমহাশয়গণ ইহাতে ক্ষুব্ধ হইবেন না এবং ভবিষ্যতেও পুস্তক-বিষয়ে পরামর্শ প্রদান করিয়া পুস্তকটি আরও উন্নত করিতে সহায়তা করিবেন।

—গ্রন্থকারদ্বয়

নিবেদন

মৎরচিত "মধ্যশিক্ষা রসায়ন—১ম খণ্ড" নামক গ্রন্থখানি ছাত্র ও শিক্ষক মহলে বিশেষভাবে সমাদৃত হওয়ায় আমি যে পরিমাণ আনন্দিত হইয়াছি—ঠিক সেই পরিমাণ উৎসাহিতও বোধ করিয়াছি। তাহারই ফল স্বরূপ উহার ২য় খণ্ড আবির্ভূত হইল। আশাকরি, ১ম খণ্ডের ন্যায় উহার ২য় খণ্ডটিও ছাত্র ও শিক্ষক-গণের মানসিক তৃপ্তিসাধনে সক্ষম হইবে।

পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ কর্তৃক নির্ধারিত পাঠ্য সূচীর সমগ্র অংশাবলি ৮২ পাঠ্য পুস্তকের অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে। তবে বিষয়-বিন্যাসের ক্ষেত্রে ধারাবাহিকতার কিঞ্চিৎ ব্যতিক্রম ইচ্ছাকৃতভাবেই করা হইয়াছে—যাহাতে ছাত্র ও শিক্ষকগণের পরিক্রমা ও অগ্রগতিকে সহজ-সাধ্য করিবার জন্য অধিকতর সুবিধার পথ প্রস্তুত করা হয়। গ্রন্থের প্রথম অংশে তাত্ত্বিক রসায়ন (Physical Chemistry) এবং পরবর্তী অংশে অজৈব রসায়ন (Inorganic Chemistry) এইরূপ দুইটি বিভাগ করা হইয়াছে।

রাসায়নিক সমীকরণ সংক্রান্ত সকল গণনার বিভিন্ন উদাহরণ ও প্রশ্নাবলী বাংলা ও ইংরাজী উভয় ভাষায় সন্নিবেশিত করা হইয়াছে, যাহাতে ছাত্রগণ উহার জন্য অন্য পুস্তকের সাহায্য গ্রহণ করিবার প্রয়োজন অনুভব না করে।

১ম খণ্ডের ন্যায় ২য় খণ্ডেও অধ্যায়ের শেষে বিভিন্ন প্রকারের প্রশ্নাবলী ইংরাজী ও বাংলায়—উভয় ভাষায় সন্নিবেশিত হইয়াছে, ফলে ছাত্রদের ইংরাজী ভাষায় রচিত প্রশ্নগুলির সহিত কিঞ্চিৎ পরিচয়ও ঘটিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে ইংরাজী ভাষায় প্রশ্ন হওয়ায় মনের স্বাভাবিক ভীতিরও কিঞ্চিৎ হ্রাস হইবে।

উন্নত-মেধা ও অগ্রণী ছাত্রদের (for advanced students) প্রয়োজনে প্রতি-অধ্যায়ে জটিল রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি যথাযথভাবে লিপিবদ্ধ করা হইয়াছে।

গ্রন্থটির শেষাংশে ব্যবহারিক রসায়ন অংশটি এবং কারিগরী বিভাগের ছাত্রদের প্রয়োজনে পর্য্যায় সারণীর (Periodic Table) ছকটিও প্রদান করা হইল।

—গ্রন্থকার

Board of Secondary Education, West Bengal

HIGHER SECONDARY COURSE

CHEMISTRY

Class X

Course Contents.

(D—Demonstration by teacher).

1. Hydrogen peroxide: preparation, properties and uses

D—Apparatus for distillation under reduced pressure.

2 (a) Law of conservation of mass.

D—Apparatus to show that it holds good for burning of charcoal, phosphorus or magnesium, as also for other types of reactions.

Laws of definite proportion and multiple proportions Examples to illustrate the laws

(b) Dalton's Atomic Theory.

Explanation of the laws of chemical combination by weight by this theory may well be omitted.

3 Nitrogen and its compounds.

(i) Ammonia—Preparation (laboratory method, as also synthesis*), properties, uses

* Descriptions of commercial plants not required.

Catalytic oxidation to nitric oxide and nitric acid.*

Refrigeration Visit to an ice factory.

Ammonium salts, —their uses: oxidation in the soil.

(ii) Sodium and potassium nitrates Preparation of nitric acid (from nitrates and from ammonia); reactions of nitric acid (a) as an acid, (b) as an oxidising agent.

Only an elementary treatment of the action of nitric acid on metals in general is required

Nitrates; actions of heat on them.

Course Contents.	Notes.
(iii) Nitric oxide and nitrogen peroxide as reduction products of, and in relation to, nitric acid.	Detailed study of these oxide is not required.
Use of nitrous oxide in anaesthesia.	
(iv) The Nitrogen Cycle: necessity of using nitrogenous fertilisers.	D—Chart of the Nitrogen Cycle.
3. 1. (a) Phosphorus as a chemical analogue of nitrogen.	Treatment of the contents not to exceed one page.
Preparation of phosphorus from phosphatic minerals ; white and red phosphorus.	
Tri—and pentoxide. Orthophosphoric acid (only preparation from bone-ash and from phosphorus pentoxide) ; use of superphosphate of lime as manure.	
(b) Arsenic as another member of the same family ; use of arsenates and arsenites.	Treatment only in a short paragraph.
4. Carbon and its oxides.	
(a) Allotropic forms of carbon—Uses of graphite and charcoal.	Only definition and illustration of allotropy required. D—Different allotropic forms. D—To show use of charcoal for absorbing gases, and for removing undesirable colouring matters.
(b) Chalk, limestone and marble. Laboratory and commercial preparation of carbon dioxide ; its properties and uses.	D—Chart of lime kiln. Simple fire-extinguishers.
Carbonates and bicarbonates.	D—Washing soda and baking powder.

Course Contents.	**Notes.**
Composition of carbon dioxide by weight and by volume.	D—Chart or assemblage of experimental arrangement.
The Carbon Cycle. Mineral waters.	D—Chart of the Carbon or Carbon Dioxide Cycle.
(c) Carbon monoxide—preparation, properties and uses.	
. Behaviour of gases—Boyle's Law and Charles' Law. Gas equation.	Experimental verification of these laws is not required in Chemistry.
6. Gay Lussac's Law of Gaseous Volume	
7. Avogadro's Law and its applications.	
(i) (a) Relation between molecular weight and vapour density.	
(b) Establishment of formulate of gases from their volumetric composition.	
(c) Determination of atomic weights of elements. Numerical problems.	
(ii) Gram molecule, gram molecular weight. Problems.	
8. Simple calculations from equations of reacting weights of substances and volumes of gases.	
9. Chlorine and its compounds.	
(i) (a) Sodium Chloride. Preparation and properties of hydrogen chloride; volumetric composition.	D—Apparatus for showing volumetric composition of the gas.
(b) Chlorine—Its production by the oxidation of hydrochloric acid, and by electrolysis of the acid and of chlorides; properties.	Only the chemistry of Weldon's and Deacon's Processes required.

Course Contents.	Notes.
(o) Bleaching powder.	Only preparation, use and formula (without discussion).
(ii) Fluorine, bromine and iodine as other members of the halogen family.	.D—Bromine and iodine. D—Etch ng of glass.
Use of aqueous hydrofluoric acid ; iodine in medicine.	
10. Sulphur and its compounds. (i) Sulphur : its extraction and uses.	Allotropic forms and the behaviour of sulphur on heating are not required.
(ii) Sulphur dioxide—preparation ; (a) by oxidation of sulphur and sulphide ores, (b) from sulphites, (c) from sulphuric acid.	Description of burners not required.
Properties ; uses as a bleaching agent and as a preservative.	
(iii) Sulphuric acid. Chemistry of manufacture by lead chamber process and by contact process. Its properties (a) as an acid, (b) as a dehydrating agent. Sulphates. Alum	Descriptions of commercial plants are not required.
(iv) Hydrogen sulphide—Preparation and properties. Use as a laboratory reagent. Sulphides.	

PRACTICAL CHEMISTRY

1. Preparation and properties of ammonia and carbon dioxide.
2. Study of the Properties of Hydrochloric acid and chlorine ; and of the action of hydrogen sulphide on solutions of salts.
3. Simple exercises on the effects of heat and of reagents on substances, including the recognition of evolved gases—e.g., hydrogen, oxygen, carbon dioxide, chlorine, hydrogen chloride, hydrogen sulphide, sulphur dioxide, ammonia.
4. Identification of the acid radicals—nitrate, chloride, carbonate, sulphate, sulphide and sulphite.

সূচীপত্র

বিষয় পৃষ্ঠা

১

রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রসমূহ

(Laws of Chemical Combination)

পৃথিবীর বস্তুরাশির অধিকাংশই যৌগিক পদার্থ। এই যৌগিক পদার্থগুলি মাত্র বিরানব্বই রকম মৌলিক পদার্থ নানাভাবে রাসায়নিক প্রক্রিয়ার দ্বারা গঠিত হইয়াছে। রাসায়নিক প্রক্রিয়ার অর্থ এক প্রকার অণুর কাঠামো ভাঙ্গিয়া অন্য প্রকার অণুর কাঠামো গঠিত হওয়া। অণুর কাঠামোগুলি গঠিত হয় বিভিন্ন প্রকার পরমাণুর সমবায়ে। কারণ পরমাণুই রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। সুতরাং বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সংযোগে যৌগিক পদার্থের অণু গঠিত হয়। রাসায়নিক সংযোগের সময় একটি মৌলিক পদার্থের যে-কোন পরিমাণ অপর একটি মৌলিক পদার্থের যে-কোন পরিমাণের সহিত মিলিত হইতে পারে না। কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণু অন্য কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সঙ্গে কত সংখ্যায় এবং কিভাবে সংযুক্ত হইয়া কিরূপ যৌগিক পদার্থ গঠন করে তাহার নিয়ম ও শৃঙ্খলা অতি সুনির্দিষ্ট। বিজ্ঞানীরা পরীক্ষা দ্বারা এই নিয়ম সমূহের সত্যতা নির্ণয় করিয়াছেন এবং কখনও ইহাদের কোন ব্যতিক্রম লক্ষ্য করেন নাই।

সুতরাং যে নিয়মগুলির দ্বারা মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি পরস্পর মিলিত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করে সেই নিয়মগুলিকে বলা হয় রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রসমূহ (Laws of Chemical Combination)।

রাসায়নিক পরিবর্তনের বিভিন্ন ঘটনাবলী বিশ্লেষণ করিয়া রাসায়নিকেরা নিম্নলিখিত কয়েকটি প্রধান রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র আবিষ্কার করিয়াছেন—

১। **পদার্থের নিত্যতা বা অবিনাশিতা সূত্র (Law of Conservation of mass or Law of Indestructibility of matter)**

২। **পদার্থের স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Definite Proportion or Law of Constant Proportion)**

৩। **পদার্থের গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportion)**

৪। **পদার্থের মিথোনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal Proportion)**

পদার্থের অবিনাশিতা :

(Conservation of mass or matter)

আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতায় মনে হয় যে পদার্থ (matter) প্রাতানয়তই ধ্বংস ও সৃষ্ট হইতেছে। যেমন, কিছু পরিমাণ জল স্ফুটন করিলে উহা আস্তে আস্তে বাষ্প হইয়া অদৃশ্য হইয়া যায়। একটি মোমবাতি আগুনে পোড়াইলে উহার পলিতা ও মোম অদৃশ্য হইয়া যায়। আবার কয়লা পোড়াইলে সামান্য ছাই ভিন্ন কিছুই অবশিষ্ট থাকে না এবং অবশিষ্ট ছাইয়ের ওজন কয়লার ওজন অপেক্ষা অনেক কম। সেইরূপ কেরোসিন বা স্পিরিট পোড়াইলে কিছুই অবশিষ্ট থাকে না। ইহাতে আপাতদৃষ্টিতে মনে হয়, এই সকল পদার্থ লয় পাইতেছে বা ধ্বংস হইয়া যাইতেছে।

অপরদিকে একখণ্ড ম্যাগনেসিয়ামের তার ওজন করিয়া লইয়া আগুনে পোড়াইলে উহা অতি উজ্জ্বল আলো বিকিরণ করিয়া জ্বলিতে থাকিবে এবং সাদা ভস্মে পরিণত হইবে। ভস্মটি ঠাণ্ডা হইবার পর ওজন করিলে দেখা যাইবে যে ভস্মের ওজন ম্যাগ-নেসিয়ামের ওজন অপেক্ষা অনেক বেশী। সেইরূপ একটি লোহার টুকরা যদি ওজন করিয়া কয়েকদিন বাতাসে ফেলিয়া রাখা যায় তাহা হইলে রাসায়নিক প্রক্রিয়ার ফলে উহার গায়ে মরিচা পড়িবে। পরে ঐ মরিচাযুক্ত লোহাকে যদি আবার ওজন করা হয়, তাহা হইলে দেখা যাইবে যে ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। আবার ইহাও দেখা যায় যে একটি ক্ষুদ্র বীজ হইতে একটি বিরাট বৃক্ষ জন্মগ্রহণ করিয়াছে। এই সমস্ত দৃষ্টান্ত হইতে ইহাই মনে হয় যে রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে পদার্থের ভরের (mass) বৃদ্ধি হইতেছে বা নূতন পদার্থের সৃষ্টি হইতেছে।

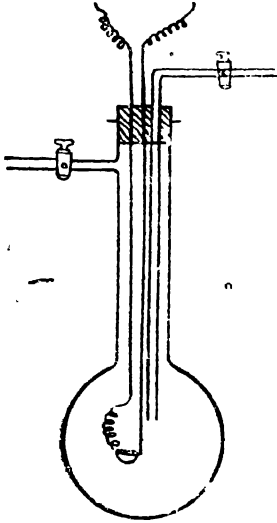
উপরিবর্ণিত ঘটনাগুলি ব্যাখ্যা করিলে স্বভাবতঃ প্রশ্ন জাগে, পদার্থ কি সত্য সত্যই ধ্বংস ও সৃষ্ট হইতেছে? এই প্রশ্ন সমাধানের জন্য বৈজ্ঞানিকগণ নানাভাবে পরীক্ষা ও পর্যালোচনা (experiment and study) করিয়া দেখেন যে, পদার্থের ধ্বংস ও সৃষ্টি বাস্তব (real) নহে। ১৭৫৬ খৃষ্টাব্দে **লোমোনোসফ (Lomonossoff)** এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, **কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই পদার্থের ধ্বংস বা সৃষ্টি হয় না।** সাধারণ জ্ঞানে যাহাকে আমরা পদার্থের ধ্বংস বা সৃষ্টি বলিয়া মনে করিতেছি, বস্তুতঃ উহা পদার্থের রূপান্তর মাত্র। জলকে স্ফুটন করিলে উহা অদৃশ্য হইয়া যায় বটে কিন্তু অদৃশ্য বাষ্পের উদ্ভব হয়। অর্থাৎ জলের অবস্থান্তর ঘটে, বিনাশ হয় না। আবার মোমবাতি পুড়িবার কালে উহার ওজন কমিয়া যায় তাহার কারণ মোম পুড়িবার সময় বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া উহা দুইটি অদৃশ্য গ্যাসীয় পদার্থে রূপান্তরিত হয়—একটি জলীয় বাষ্প, অপরটি কার্বন-ডাই অক্সাইড (CO_2) গ্যাস। উহারা গ্যাসীয় এবং অদৃশ্য বলিয়া মোমবাতির বিনাশ হইয়াছে বলিয়া মনে হয়।

অপরদিকে ম্যাগনেসিয়ামের দহনের ফলে যে ওজন বৃদ্ধি হয় তাহার কারণ, দহনকালে উহার সহিত অক্সিজেন সংযুক্ত হয়, এবং অক্সিজেন সংযোগে যে সাদা ভস্ম পড়িয়া থাকে তাহা ম্যাগনেসিয়াম অপেক্ষা ওজনে ভারী। এই ম্যাগনেসিয়াম এবং যে অক্সিজেন উহার সহিত সংযুক্ত হয়, উভয়ের ওজন লইলে দেখা যাইবে যে—ভস্মের ওজন উহাদের দুইটির ওজনের সমান। অতিরিক্ত কোন পদার্থের সৃষ্টি হয় নাই। সেইরূপ ক্ষুদ্র বীজ বায়ু ও ভূমি হইতে খাদ্য সংগ্রহ করিয়া পুষ্টির ফলে বৃহৎ বৃক্ষে পরিণত হয়।

এইরূপে প্রত্যেক ঘটনা বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়, পদার্থের ধ্বংস নাই এবং কোন প্রকার বিক্রিয়ার ফলে পদার্থের সৃষ্টি হয় না, পদার্থের রূপান্তর হয় মাত্র। বহু পরীক্ষার পর ১৭৮৯ খৃষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী **ল্যাভয়সিয়ার (Lavoisier)** পদার্থের অবিনাশিতা প্রথমে যুক্তি ও পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন। তিনি বলেন, **পদার্থ অবিনাশী, শূন্য ভর হইতে পদার্থের সৃষ্টি সম্ভব নয়, আবার পদার্থকে ধ্বংস করিয়া শূন্যে মিলাইয়া দেওয়াও সম্ভব নয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের রূপান্তর হয় মাত্র; রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে মোট যে পরিমাণ পদার্থ থাকে, বিক্রিয়ার পরেও মোট সেই পরিমাণ পদার্থ বর্তমান থাকে।** এই নিয়মকে **পদার্থের নিত্যতাবাদ** বা **অবিনাশিতা সূত্র (Law of Conservation of mass or matter)** বলা হয়।

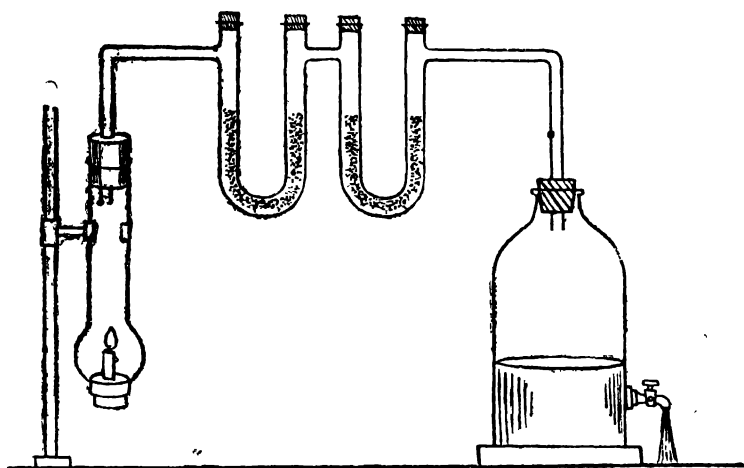
১। **ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা :**—ল্যাভয়সিয়ার (Lavoisier) কিছু পরিমাণ টিন একটি কাচের বকযন্ত্রে (retort) ভর্তি করেন এবং বকযন্ত্রের মুখটি আগুনে গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেন। টিনসহ মুখবন্ধ এই বকযন্ত্রটিকে প্রথমে ওজন করিয়া, পরে দীর্ঘ সময় ধরিয়া বকযন্ত্রটিকে (retort) উত্তপ্ত করিতে থাকেন। বকযন্ত্রের মধ্যে আবদ্ধ বায়ুর অক্সিজেনের সহিত টিনের উত্তাপের প্রভাবে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয়। ফলে টিনের কিছু অংশ টিন-অক্সাইডে (সাদা ভস্ম) পরিণত হয়। উত্তাপ শেষে বকযন্ত্রটি শীতল করিয়া পুনরায় ওজন করিয়া দেখেন যে, ওজনের কোন পরিবর্তন হয় নাই। রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে যে ওজন ছিল রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরেও ওজন একই রহিয়াছে। ইহাতেই প্রমাণিত হয় যে, রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের পরিমাণের কোন হ্রাস বা বৃদ্ধি হয় না অর্থাৎ **পদার্থ অবিনাশী**।

২। **কার্বন প্রজ্বলনের পরীক্ষা :**—একটি বড় গোলাকার-তল ফ্লাস্ক (round bottom flask) লওয়া হইল। ফ্লাস্কের মুখসহি একটি রবারের ছিপি লইয়া ইহাতে দুইটি ছিদ্র করা হইল এবং ছিদ্র দুইটি দিয়া দুইটি তামার তার প্রবেশ করান হইল।

একটি তারের শেষপ্রান্তে একটি তামার বাটি বসান আছে এবং অপর তারের শেষপ্রান্তটি বাটিটি পর্য্যন্ত প্রবেশ করিবে কিন্তু বাটিটি স্পর্শ করিবে না। এখন বাটিটিতে এক টুকরা কার্বন রাখিয়া বাটিটিকে তামার অপর তারটির সহিত একটি সূক্ষ্ম প্লাটিনামের তার দ্বারা সংযোগ করা হইল। এইবার রবারের ছিপিটি ফ্লাস্কের মুখে দৃঢ়বদ্ধ ভাবে আঁটিয়া, তার, বাটি ও কার্বন সহ ফ্লাস্কটিকে সাবধানে ওজন করিয়া লওয়া হইল। তামার তার দুইটির বহির্ভাগ একটি ব্যাটারির দুই প্রান্তে সংযোগ করা হইল। তৎক্ষণাৎ তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইবে এবং প্লাটিনামের তারটি উত্তপ্ত ও উজ্জ্বল হইয়া উঠিবে। উত্তাপের প্রভাবে ফ্লাস্কে আবদ্ধ বায়ুর অক্সিজেনের সাহায্যে কার্বন (Carbon) জ্বলিয়া উঠিবে এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইড (CO_2) গ্যাসে পরিণত হইবে। বিক্রিয়ার শেষে বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ করিয়া সমগ্র যন্ত্রটি শীতল করিয়া পুনরায় ওজন করা হইল। দেখা যাইবে যে, সমগ্র কার্বনটি ভস্মীভূত হইয়া সামান্য ভস্মে পরিণত হওয়া সত্ত্বেও ফ্লাস্কটির ওজন পূর্বের ওজনের সমান রহিয়াছে। কার্বনের টুকরাটি দহনের ফলে, কেবলমাত্র অদৃশ্য কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাসে রূপান্তরিত হইয়াছে এবং তাহা ফ্লাস্কের মধ্যেই আবদ্ধ আছে। এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে, রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে পদার্থের সৃষ্টি বা ধ্বংস হয় নাই।

কার্বন প্রজ্বলন পরীক্ষা

৩। **মোম প্রজ্বলনের পরীক্ষা** ঃ—একটি ছিদ্রযুক্ত কর্কের উপরে একটি ছোট মোমবাতি বসাইয়া উহা দ্বারা একটি কাচের চিমনির নীচের মুখ এমন ভাবে বন্ধ করা হইল যাহাতে মোমবাতিটি চিমনির ভিতরে থাকে। চিমনির উপরের মুখটিও একটি কর্কের সাহায্যে বন্ধ করিয়া তাহার ভিতর দিয়া একটি কাচের বাঁকা নল প্রবেশ করান হইল। এই নলটির অপর প্রান্ত পর পর দুইটি U-নলের সঙ্গে যুক্ত করা হইল। প্রথম U-নলে কষ্টিক পটাস (KOH) এবং দ্বিতীয়টিতে বিশুষ্ক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) দ্বারা পূর্ণ করিয়া তাহাদের মুখগুলি ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হইল। U-নল দুইটি সহ চিমনিটি ওজন করিয়া লওয়া হইল। তাহার পর শেষের U-নলটির সঙ্গে জলপূর্ণ একটি বাতচোষকের (aspirator) সহিত যুক্ত করা হইল।

এইবার চিমনির নীচের ছিপিটি খুলিয়া মোমবাতিটি জ্বালাইয়া দেওয়া হইল এবং

ছিপিটির দ্বারা চিমনিটি আবার দ্রুত বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল। চিমনির মধ্যে আবদ্ধ বায়ুর অক্সিজেনের সাহায্যে মোমবাতিটি জ্বলিতে থাকিবে। এখন বাতচোষকের স্টপ কক্‌টি (stop cock) খুলিয়া দিলে উহা হইতে জল বাহির হইতে থাকিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে চিমনির নীচের কর্কের ছিদ্র দিয়া ভিতরে বায়ু প্রবেশ করিতে থাকিবে। এই বায়ুর সাহায্যে মোমের দহনকার্য চলিতে থাকিবে। বাতচোষকের জল কিছু অবশিষ্ট থাকিতে

মোম প্রজ্বলন পরীক্ষা

উহার স্টপকক্‌ বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল। তাহা হইলে চিমনির ভিতরে আর বায়ু প্রবেশ করিবে না এবং মোমবাতিটিও আস্তে আস্তে নিবিয়া যাইবে। যন্ত্রটি ঠাণ্ডা হইলে, চিমনিটিকে U-নল দুইটি সহ আবার ওজন করা হইল। ইহার ওজন দেখা যাইবে পূর্বের ওজন অপেক্ষা বেশী হইয়াছে। আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় দহনের ফলে মোম পুড়িয়া ধ্বংস হইয়াছে কিন্তু যন্ত্রটির ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে। ইহার কারণ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যাইবে যে, মোম পুড়িবার সময় যে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়, তাহাতে মোমের উপাদান কার্বন ও হাইড্রোজেন, বায়ুর উপাদান অক্সিজেনের সহিত সম্মিলিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প সৃষ্টি করে। উৎপন্ন গ্যাস দুইটি বায়ুস্রোতের সঙ্গে যথাক্রমে প্রথম ও দ্বিতীয় U-নলে অবস্থিত কষ্টিক পটাস ও বিশুষ্ক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (anhydrous Calcium chloride) দ্বারা শোষিত হইয়াছে। মোমের দহনকার্য্যে বাহির হইতে বায়ু অংশ গ্রহণ করিয়াছে। কিন্তু প্রথমে ওজন করার সময় মোমের ওজন লওয়া হইয়াছিল, বাহির হইতে যে বায়ু প্রবেশ করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া

ঘটাইল তাহার ওজন লওয়া হয় নাই। পরীক্ষার পরে যে ওজন লওয়া হইল, তাহা ঐ বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন উভয় পদার্থের ওজন। সুতরাং ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে। যদি পূর্বে কোন উপায়ে মোম ও বাহির হইতে আগত অক্সিজেন দুইয়েরই ওজন লওয়া যাইতে পারিত তাহা হইলে ঐ রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বের ও পরের ওজন একই থাকিত।

৪। **ল্যান্‌ডোল্‌টের পরীক্ষা** (**Landolt's Experiment**)ঃ—পদার্থের অবিনাশিতা প্রমাণের জন্য বিজ্ঞানী ল্যান্‌ডোল্‌ট একটি সুন্দর ও সাধারণ উপায় উদ্ভাবন করেন। তিনি ইংরাজী H-অক্ষরের মত দেখিতে একটি কাচের নল ব্যবহার করেন। নলটির দুই বাহুর নীচের দিকে বন্ধ ও উপরের দিক প্রথমে খোলা থাকিত। নলটির দুই বাহুতে তিনি দুইটি দ্রবণ লইতেন, যেমন—একটি বাহুতে ফেরাস সালফেট ($FeSO_4$) দ্রবণ এবং অপর বাহুতে সিলভার সালফেট ($AgSO_4$) দ্রবণ, যাহারা পরস্পর একত্র হইয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে। তারপর নলটি সোজা রাখিয়া তিনি অতি সন্তর্পণে উহার উপরের মুখ দুইটি গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেন এবং যন্ত্রটি ওজন করেন। তাহার পর নলটি ভাল করিয়া ঝাঁকাইয়া দ্রবণ দুইটি মিশ্রিত করিয়া দেন। ফেরাস সালফেট ও সিলভার সালফেট একত্র মিশিবার ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং মিশ্রিত দ্রবণ হইতে সিলভার অধঃক্ষেপ্ত (Precipitate) হইয়া নলের তলায় পড়িয়া যায়। বিক্রিয়ার পরে H-নলটি আবার ওজন করিয়া তিনি দেখান যে, কোন ক্ষেত্রেই এই রকম রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে পদার্থের ওজনের কোন হ্রাস বা বৃদ্ধি হয় না; অর্থাৎ পদার্থ অবিনাশী।

ল্যান্‌ডোলটের পরীক্ষা

উপরিবর্ণিত পরীক্ষাগুলি হইতে দেখা যাইতেছে যে, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া হইলে, যে সব পদার্থের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে, তাহাদের মোট ওজন, বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত পদার্থগুলির মোট ওজনের সমান হয়। অর্থাৎ x গ্রাম A ও y গ্রাম B-র মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যদি m গ্রাম C ও n গ্রাম D উৎপন্ন হয়, তাহা হইলে,

$$x+y=m+n$$

স্থিরানুপাত সূত্র :

(Law of Constant Proportions or **Law of Definite Proportions)**

একই রকম যৌগিক পদার্থে (Compound) মৌলিক উপাদানগুলির পরিমাণ সব

সময়ে এক থাকে কি না এই প্রশ্ন সমাধানের জন্য বিজ্ঞানীরা নানারূপ পরীক্ষাকার্য্য করিতে থাকেন। ফরাসী বিজ্ঞানী **প্রাউস্ট** (**J. L. Proust**) নানারূপ পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করিতে চাহেন যে, কোন একটি যৌগিক পদার্থ পৃথিবীর যে কোন স্থান হইতেই সংগ্রহ করা হউক না কেন উহার মৌলিক উপাদানগুলি সুনির্দিষ্ট এবং উপাদান-গুলির অনুপাত সর্বদা একই থাকিবে। যেমন, জল—বৃষ্টি, নদী, তুষার, সমুদ্র, প্রভৃতি হইতে পাওয়া যায়। পৃথিবীর যে-কোন স্থান হইতে জল আনা হউক না কেন অথবা যে-কোন রাসায়নিক উপায়ে জল প্রস্তুত করা হউক না কেন 9 ভাগ জলের মধ্যে সর্বদা 1-ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ও 8-ভাগ ওজনের অক্‌সিজেন থাকিবে। কিন্তু ফরাসী বিজ্ঞানী **বার্থোলে** (**Berthellot**) তাঁহার সিদ্ধান্তের বিরোধিতা করেন। বার্থোলের মতে জলের মধ্যে হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেনের পরিমাণের কোন স্থিরতা নাই। ফলে এই দুই ফরাসী বিজ্ঞানীর মধ্যে প্রায় ৮ বৎসর ধরিয়া নানারূপ তর্ক বিতর্ক চলে। অবশেষে নানা পরীক্ষার পর প্রাউস্টের সিদ্ধান্তই সত্য বলিয়া প্রমাণিত হয়।

ফরাসী বিজ্ঞানী প্রাউস্ট ১৭৯৯ খৃষ্টাব্দে যে সিদ্ধান্তে উপনীত হন তাহা **স্থিরানুপাত সূত্র** (**Law of Constant Proportion** or **Law of Definite Proportion**) নামে পরিচিত। এই সূত্রটি বলে—

যে-কোন একটি যৌগিক পদার্থ সর্বদা একই রকম মৌলিক উপাদান (element) দ্বারা গঠিত এবং মৌলিক উপাদানগুলির অনুপাত ওজন হিসাবে সর্বদা স্থির ও সুনির্দিষ্ট থাকে।

অর্থাৎ একই যৌগিক পদার্থ যে-কোন উপায়েই প্রস্তুত হউক না কেন, উহাতে সর্বদাই একই মৌলিক পদার্থের সমাবেশ দেখা যাইবে। উপরন্তু, এই মৌলিক পদার্থগুলির যে সমস্ত ওজন রাসায়নিক মিলনে অংশ গ্রহণ করিবে, তাহাদের অনুপাতের কখনও পরিবর্তন হইবে না, সর্বদা একই থাকিবে।

এই সূত্রটির সম্বন্ধে বহুরকম পরীক্ষা হইয়াছে। **স্টাস্‌** (Stas) বিভিন্ন উপায়ে সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) প্রস্তুত করিয়া উহাদিগকে বিশ্লেষণ করিয়া দেখাইয়াছেন যে সিলভার ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত সর্বদাই এক। অনুরূপভাবে সাধারণ লবণকে (NaCl) ছয়টি বিভিন্ন প্রণালীতে প্রস্তুত করা যায়। সমুদ্র-জল ও লবণাক্ত হ্রদের জল বাষ্পীভবন করিয়াও লবণ পাওয়া যায়। যে কোন প্রণালীতেই লবণ পাওয়া যাউক না কেন, সোডিয়াম ক্লোরাইডকে বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়—ওজন হিসাবে প্রতি 58·5 ভাগ সোডিয়াম ক্লোরাইডে—35·5 ভাগ ক্লোরিন ও 23 ভাগ সোডিয়াম আছে।

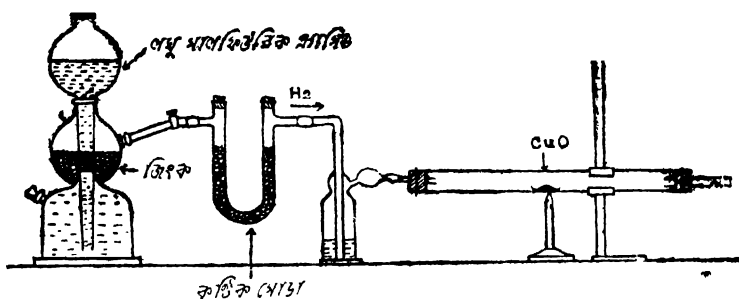
অতএব ধরা যাক, A ও B দুইটি মৌলিক পদার্থ পরস্পর সংযুক্ত হইয়া AB যৌগ

উৎপন্ন করে। যে কোন উপায়েই AB যৌগ উৎপন্ন হউক না কেন, উহাতে সর্বদা A ও B মৌলই থাকিবে। যদি AB দুইটি বিভিন্ন প্রণালীতে উৎপন্ন করা যায় এবং প্রথম প্রণালীতে A মৌলটির x গ্রাম, B মৌলটির y গ্রামের সহিত সংযুক্ত হয়, এবং দ্বিতীয় প্রণালীতে A মৌলের m গ্রাম, B মৌলের n গ্রামের সহিত সংযুক্ত হয়, তাহা হইলে সূত্রানুযায়ী—

$$\frac{x}{y} :: \frac{m}{n}$$

† **পরীক্ষা :**—একটি বিশুদ্ধ তামার পাতকে অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে তামা জারিত (Oxidised) হইয়া কালো রংয়ের কপার অক্সাইডে (CuO) পরিণত হইবে। ধরা যাক, ইহা ১ নম্বর নমুনা।

এইবার খানিকটা বিশুদ্ধ কপার লঘু নাইট্রিক এ্যাসিডের মধ্যে ফেলিয়া দিলে যে কপার নাইট্রেট দ্রবণ পাওয়া যাইবে তাহা শুষ্ক করিয়া একটি চীনামাটির বেসিনে (Porcelain Basin) লওয়া হইল। এখন বেসিনটিকে উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিলে কপার নাইট্রেট বিয়োজিত হইয়া কালো কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হইবে। ধরা যাক, ইহা ২ নম্বর নমুনা।

আবার কিছু বিশুদ্ধ কপার লঘু নাইট্রিক এ্যাসিডে ফেলিয়া কপার নাইট্রেট দ্রবণ তৈয়ারী করা হইল। ইহার মধ্যে প্রয়োজন অপেক্ষা কিছু অধিক সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) দ্রবণ মিশাইয়া দেওয়া হইল। উৎপন্ন কপার কার্বনেটকে ($CuCO_3$) পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিয়া শুষ্ক করিয়া লওয়া হইল। শুষ্ক কপার কার্বনেটকে একটি

স্থিরানুপাত সূত্রের পরীক্ষা

চীনামাটির বেসিনে (Porcelain Basin) লইয়া উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে কপার কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া কালো-কপার অক্সাইডে পরিণত হইবে। ধরা যাক, ইহা ৩ নম্বর নমুনা।

† বিশদভাবে না পড়িলেও চলিবে।

এইবার একটি শুষ্ক ও পরিষ্কার চীনামাটির নৌকা (Procelain boat) ওজন করিয়া লওয়া হইল। ইহাতে কিছু পরিমাণ (প্রায় ১ গ্রাম) ১ নম্বর নমুনা লইয়া পুনরায় ওজন লওয়া হইল। এখন কিউপ্রিক অক্সাইড সমেত বোটটিকে একটি শক্ত কাচের নলে প্রবেশ করান হইল। নলটিকে ধারকের (Retort Stand) সাহায্যে অনুভূমিকরূপে আটকান হইল। এখন নলের মধ্য দিয়া শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করা হইল এবং সঙ্গে সঙ্গে নলটিকে উত্তপ্ত করা হইল।

কপার অক্সাইড বিজারিত (reduced) হইয়া লাল কপারে পরিণত হইবে। সমস্ত কপার অক্সাইড কপারে পরিণত হইলে বুন্‌সেন দীপ (Bunsen Burner) সরাইয়া লইয়া গ্যাস প্রবাহ বন্ধ করা হইল। কপারসহ বোটটি শোষকাধারে (Desiccator) রাখিয়া ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করা হইল। ওজন নিত্য (Constant) না হওয়া পর্য্যন্ত উত্তাপ দেওয়া, শীতল করা ও ওজন করা প্রক্রিয়াগুলি পুনরাবৃত্তি করা হইল।

ধরা যাক, চীনামাটির বোটটির ওজন $= w$ গ্রাম

" " " $+ CuO = w_1$ গ্রাম

" " " $+ Cu = w_2$ গ্রাম

∴ কপার অক্সাইডের (CuO) ওজন $= (w_1 - w)$ গ্রাম

কপারের (Cu) ওজন $= (w_2 - w)$ গ্রাম

এবং অক্সিজেনের ওজন $= (w_1 - w) - (w_2 - w)$

$= (w_1 - w_2)$ গ্রাম

∴ 100 ভাগ কপার অক্সাইডে কপারের পরিমাণ $= \frac{w_2 - w}{w_1 - w} \times 100$ ভাগ

এবং " " " অক্সিজেনের " $= \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w} \times 100$ ভাগ

অনুরূপভাবে, বিশুদ্ধ কপার অক্সাইডের ২ নম্বর ও ৩ নম্বর নমুনা লইয়া পূর্বের পরীক্ষা করিলে দেখা যায়—প্রতি নমুনাতেই কপার ও অক্সিজেনের অনুপাত 63·5 : 16 নির্দিষ্ট থাকে।

গুণানুপাত সূত্র :

(Law of multiple Proportions)

যখন একটি মৌল (element) অপর একটি মৌলের সহিত যুক্ত হইয়া একাধিক

যৌগ (Compound) গঠন করে তখন বিভিন্ন যৌগে মৌলগুলির ওজনের অনুপাত বিভিন্ন হয়। উহাদের একটি মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট পরিমাণের সঙ্গে অপরটির যে বিভিন্ন ওজন সংযুক্ত হয়, সেই বিভিন্ন ওজনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত সর্বদাই দেখা যায়। ইহা লক্ষ্য করিয়া বৃটিশ বিজ্ঞানী **ডালটন্** (**John Dalton**) ১৮০৩ খৃষ্টাব্দে নিম্নলিখিত সিদ্ধান্তে উপনিত হন।

একটি নির্দিষ্ট ওজনের মৌলিক পদার্থের সহিত যদি বিভিন্ন ওজনের অপর একটি মৌলিক পদার্থ যুক্ত হইয়া দুই বা ততোধিক যৌগিক পদার্থ গঠন করে, তাহা হইলে অপর মৌলটি যে বিভিন্ন ওজনে যুক্ত হয়, সেই ওজনগুলি একটি সরল অনুপাতে থাকে।

অর্থাৎ A মৌলিক পদার্থের সহিত যদি B মৌলিক পদার্থ যুক্ত হইয়া C ও D দুইটি যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে, তাহা হইলে C যৌগিক পদার্থে A ও B-র ওজনের অনুপাত নির্দিষ্ট এবং D যৌগিক পদার্থেও A ও B-র ওজনের অনুপাত নির্দিষ্ট। উভয় ক্ষেত্রেই নির্দিষ্ট পরিমাণ A-র সহিত বিভিন্ন পরিমাণ B যুক্ত হওয়া সম্ভব। কিন্তু B-র ওজনগুলি ইচ্ছামত থাকিতে পারে না। এই ওজনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত নিশ্চয়ই থাকিবে। সরল অনুপাত বলিতে সাধারণতঃ ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার অনুপাত বুঝায়, যেমন 1 : 1, 1 : 2, 2 : 3 ইত্যাদি। উদাহরণ স্বরূপ ধরা যাক,

হাইড্রোজেন, অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুইটি যৌগিক পদার্থ—যথা জল (H_2O) ও হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2) উৎপন্ন করে।

জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত— 2 : 16 বা 1 : 8

হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত—

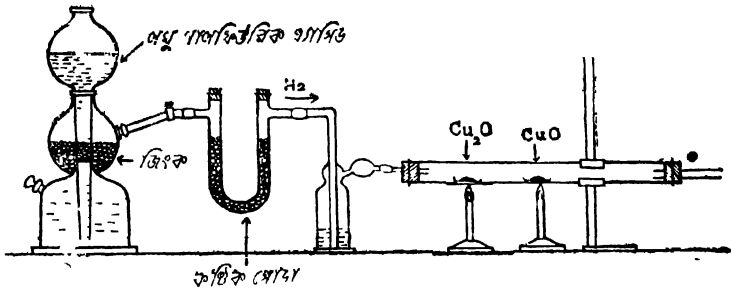
2 : 32 বা 1 : 16

অতএব নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেনের (1 ভাগ) সঙ্গে যে বিভিন্ন পরিমাণের অক্সিজেন যুক্ত হইতে পারে তাহার অনুপাত 8 : 16 বা 1 : 2। ইহা একটি সরল অনুপাত।

সেইরূপ নাইট্রোজেন, অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া পাঁচটি যৌগ উৎপন্ন করে। যথা—নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড (N_2O_3), নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড (N_2O_4) ও নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (N_2O_5)। এই যৌগগুলিতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের পরিমাণের অনুপাত যথাক্রমে—

নাইট্রাস অক্‌সাইডে (N_2O)	....	28 : 16 বা 14 : 8
নাইট্রিক অক্‌সাইডে (NO)	....	14 : 16
নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্‌সাইডে (N_2O_3)	....	28 : 48 বা 14 : 24
নাইট্রোজেন টেট্রক্‌সাইডে (N_2O_4)	....	28 : 64 বা 14 : 32
নাইট্রোজেন পেণ্টক্‌সাইডে (N_2O_5)	....	28 : 80 বা 14 : 40

অতএব নির্দিষ্ট পরিমাণ নাইট্রোজেনের (14 ভাগ) সহিত যে বিভিন্ন পরিমাণের অক্‌সিজেন যুক্ত হইতে পারে তাহার অনুপাত 8 : 16 : 24 : 32 : 40 বা 1 : 2 : 3 : 4 : 5। ইহা একটি সরল অনুপাত। এইরূপ বিভিন্ন ধরণের উদাহরণ দেওয়া যায়।

† **পরীক্ষা** :—দুইটি পরিষ্কার ও শুষ্ক চীনামাটির বোট (Porcelain boat) লওয়া হইল এবং পৃথকভাবে তাহাদের ওজন লওয়া হইল। প্রথম বোটে খানিকটা বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কালো কিউপ্রিক অক্‌সাইড (CuO) লইয়া পুনরায় ওজন করা হইল এবং দ্বিতীয় বোটে খানিকটা বিশুদ্ধ ও শুষ্ক লাল কিউপ্রাস অক্‌সাইড (Cu_2O) লইয়া ওজন করা হইল। অক্‌সাইড সহ বোট দুইটিকে, অনুভূমিক ভাবে রক্ষিত একটি সুদৃঢ় কাচের নলে এমন ভাবে প্রবেশ করান হইল যাহাতে প্রথম বোটটি নলের মাঝামাঝি জায়গায় থাকে এবং দ্বিতীয় বোটটি কাচনলের এক প্রান্তে অবস্থিত থাকে। এখন বুনসেন্ দীপের সাহায্যে বোট দুইটিকে উচ্চতাপে উত্তপ্ত করা হইল এবং যে প্রান্তে দ্বিতীয় বোটটি আছে সেই প্রান্ত দিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহ পাঠান হইল। অক্‌সাইড দুইটি বিজারিত (reduced) হইয়া কপারে পরিণত হইলে তাপ সরাইয়া লইয়া বোট দুইটিকে

গুণানুপাত সূত্রের পরীক্ষা

শোষকাধারের (desiccator) মধ্যে রাখিয়া শীতল করা হইল। শীতল হইলে বোট দুইটিকে পুনরায় পৃথকভাবে ওজন করা হইল। ওজন নিত্য (constant) না হওয়া পর্য্যন্ত হাইড্রোজেন সংস্পর্শে উত্তপ্ত করা, শীতল করা, ওজন করা প্রক্রিয়াগুলি পুনরাবৃত্তি করা হইল।

† বিশদভাবে না পড়িলেও চলিবে।

ধরা যাক্ প্রথম বোটটির ওজন $= a$ গ্রাম

" " + কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $= b$ গ্রাম

" " + কপারের ওজন $= c$ গ্রাম

∴ কপারের ওজন $= (c-a)$ গ্রাম

এবং অক্সিজেনের ওজন $= (b-c)$ গ্রাম

সুতরাং $(b-c)$ গ্রাম অক্সিজেন $(c-a)$ গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত হয়।

∴ 1 গ্রাম " " $\left(\frac{c-a}{b-c}\right)$ গ্রাম " "

ধরা যাক্ $\left(\frac{c-a}{b-c}\right) = p$

ধরা যাক্ দ্বিতীয় বোটটির ওজন $= x$ গ্রাম

" " + কিউপ্রাস অক্সাইডের ওজন $= y$ গ্রাম

" " + কপারের ওজন $= z$ গ্রাম

∴ কপারের ওজন $= (z-x)$ গ্রাম

এবং অক্সিজেনের ওজন $= (y-z)$ গ্রাম

সুতরাং $(y-z)$ গ্রাম অক্সিজেন $(z-x)$ গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত হয়,

∴ 1 গ্রাম অক্সিজেন $\left(\frac{z-x}{y-z}\right)$ গ্রাম " " " "

ধরা যাক $\left(\frac{z-x}{y-z}\right) = q$

যৌগিক পদার্থ দুইটিতে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যে বিভিন্ন পরিমাণ কপার যুক্ত হয়, তাহাদের ওজনের অনুপাত $p : q$। পরীক্ষাটি নির্ভুলভাবে করিলে দেখা যাইবে এই অনুপাত সর্বদাই $1 : 2$ হইবে।

* বিপরীতানুপাত সূত্র :
(Law of Reciprocal Proportions)

১৭৯২ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **রিখটার** (**J. B. Richter**) বহু পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণের পর নিম্নলিখিত সিদ্ধান্তে উপনীত হন—

যে বিভিন্ন ওজনে দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থ অপর একটি মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট ওজনের সহিত পৃথকভাবে সংযুক্ত হয় কেবলমাত্র সেই বিভিন্ন ওজনেই অথবা ঐ সকল ওজনের সরল গুণিতকের অনুপাতেই তাহারা

* পাঠ্যবিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে।

পরস্পর মিলিত হইয়া যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করে। ইহাই মিথোনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal Proportions) নামে পরিচিত। অর্থাৎ যদি A মৌলের p গ্রাম এবং B মৌলের q গ্রাম পৃথক ভাবে C মৌলের r গ্রামের সহিত যুক্ত হইয়া AC ও BC যৌগ সৃষ্টি করে, তাহা হইলে A ও B পরস্পর যুক্ত হইলে তাহাদের সংযোগের ওজন p : q অনুপাতে হইবে ; অথবা p গ্রামের কোন সরল গুণিতক q গ্রামের কোন সরল গুণিতকের সহিত মিলিত হইবে।

উদাহরণ—কার্বন ও অক্সিজেন পৃথকভাবে হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া মিথেন (CH_4) ও জল (H_2O) সৃষ্টি করে। আবার কার্বন ও অক্সিজেন পরস্পর সংযুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) উৎপন্ন করে।

মিথেনের ক্ষেত্রে—12 গ্রাম কার্বন, 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।
জলের ক্ষেত্রে—16 গ্রাম অক্সিজেন, 2 „ „ „ „ „ ।
বা 32 গ্রাম অক্সিজেন, 4 „ „ „ „ „ ।
কার্বন ডাই-অক্সাইডের ক্ষেত্রে—12 গ্রাম কার্বন, 32 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

অর্থাৎ, 12 গ্রাম কার্বন 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া মিথেন (CH_4) এবং 32 গ্রাম অক্সিজেন 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া, জল (H_2O) উৎপন্ন করে। সুতরাং কার্বন ও অক্সিজেনের মধ্যে যদি সংযোগ ঘটে তাহা হইলে সংযোগের অনুপাত হইবে 12 : 32 অথবা 12 : 32 এর গুণিতক অনুপাত হইবে। কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) ক্ষেত্রে কার্বন ও অক্সিজেনের সংযোগের প্রকৃত অনুপাত 12 : 32।

অনুরূপভাবে, কার্বনের সহিত পৃথকভাবে সালফার ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) ও কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) উৎপন্ন করে। আবার সালফার ও অক্সিজেন পরস্পর যুক্ত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) উৎপন্ন হয়।
কার্বন ডাই-সালফাইডের ক্ষেত্রে—12 গ্রাম কার্বন, 64 গ্রাম সালফারের সহিত যুক্ত হয়।
কার্বন ডাই-অক্সাইডের ক্ষেত্রে—12 গ্রাম কার্বন, 32 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।
সালফার ডাই-অক্সাইডের ক্ষেত্রে—32 গ্রাম সালফার, 32 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।
বা 64 গ্রাম সালফার, 64 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

সূত্র অনুসারে 64 গ্রাম সালফার, 32 গ্রাম বা 32 গ্রামের কোন সরল গুণিতক পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইতে পারে। প্রকৃতপক্ষে দেখা যায় যে, 64 গ্রাম সালফার 2×32 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

অতএব সূত্রটি প্রমাণিত হইল।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. State and explain the "Laws of Chemical Combination."

["রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রসমূহ" বর্ণনা কর এবং ব্যাখ্যা কর।]

2. What do you understand by the 'Princple of the conservation of Matter'? Describe how you would proceed to illustrate the truth of this principle by experiment.

['পদার্থ অবিনাশী' বলিতে কী বুঝ? এই নিয়মের সত্যতা নিরূপণের একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।]

3. A piece of candle burns and decreases in size. How do you account for the apparent destruction of matter? Give experimental evidence in support of your statement.

[এক টুকরা মোম দহন করিলে ক্ষয় হইয়া আকারে ছোট হয়। কিভাবে প্রমাণ করিবে পদার্থের ধ্বংস আপাত—প্রকৃত নয়? পরীক্ষার দ্বারা এই উক্তির সত্যতা নিরূপন কর।]

4. When a piece of charcoal is burnt in air it disappears. How could you prove that it is not destroyed? Give a neat sketch of the apparatus you would use.

[এক টুকরা কাঠকয়লাকে বায়ুতে দহন করিলে ইহা অদৃশ্য হইয়া যায়। কিভাবে প্রমাণ করিবে ইহা ধ্বংস হইল না? ব্যবহৃত যন্ত্রের একটি সুন্দর চিত্র অঙ্কিত কর।]

5. State the 'Law of Constant Proportion', and describe how you would proceed to demonstrate its truth by experiment.

['স্থিরানুপাত সূত্রটি' বর্ণনা কর এবং পরীক্ষার দ্বারা ইহার সত্যতা কিরূপে প্রমাণ করিবে বর্ণনা কর।]

6. Show that the following numbers illustrate the law of constant proportions :—2·4 gms of oxide of iron on complete reduction by hydrogen yielded 1·68 gms. of iron; 2·9 gms. of the oxide yielded on similar treatment 2·03 gms. of iron.

[নিম্নে বর্ণিত সংখ্যাগুলি স্থিরানুপাত প্রমাণ করে তাহা দেখাও :—

2·4 গ্রাম লোহার অক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা সম্পূর্ণরূপে বিজারিত হইলে 1·68 গ্রাম লোহা উৎপন্ন করে; 2·9 গ্রাম লোহার অক্সাইড একইভাবে বিজারিত ইহা 2·03 গ্রাম লোহা উৎপন্ন করে।]

7. State the Law of Multiple Proportion and the Law of Reciprocal Proportion. Give examples.

[গুণানুপাত সূত্র এবং মিথোনুপাত সূত্র দুইটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।]

8. Three oxides of a metal contain respectively 92·85%, 90·63% and 86·51% of metal. Examine if these figures are in agreement with the Law of Multiple Proportions.

[একটি ধাতুর তিনটি অক্সাইডে যথাক্রমে 92·85%, 90·63% এবং 86·51% ধাতু আছে। এই তথ্য গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে তাহা দেখাও।]

উত্তর— প্রথম অক্সাইডে (100−92·85) = 7·15 গ্রাম অক্সিজেন আছে।

সুতরাং 7·15 গ্রাম অক্সিজেন 92·85 গ্রাম ধাতুর সহিত সংযুক্ত হয়,

∴ 1 গ্রাম " $\frac{92·85}{7·15} \times 1 = 13$ গ্রাম " " "

দ্বিতীয় অক্সাইডে (100−90·63) = 9·37 গ্রাম অক্সিজেন আছে।

সুতরাং 9·37 গ্রাম অক্সিজেন 90·63 গ্রাম ধাতুর সহিত সংযুক্ত হয়,

∴ 1 গ্রাম " $\frac{90·63}{9·37} = 9·67$ গ্রাম " " "

তৃতীয় অক্সাইডে (100−86·51) = 13·49 গ্রাম অক্সিজেন আছে।

সুতরাং 13·49 গ্রাম অক্সিজেন 86·51 গ্রাম ধাতুর সহিত সংযুক্ত হয়,

∴ 1 গ্রাম " $\frac{86·51}{13·49} = 6·4$ গ্রাম " " " "

অতএব 1 গ্রাম পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত ধাতুর ওজন সংযুক্ত হইবার অনুপাত 13 : 9·67 : 6·4 ; ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 6·4 দ্বারা ভাগ করিলে

$\frac{13}{6·4} : \frac{9·67}{6·4} : \frac{6·4}{6·4}$ বা 2 : 1·5 : 1 অথবা 4 : 3 : 2 একটি সরল অনুপাত।

অতএব এই তথ্য গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

9. Two oxides A and B of a certain metal were heated to constant weight in a current of pure hydrogen and the water obtained in each case was weighed. The following results were obtained :—

2 gms. of A gave ·2517 gm. of water.

1 gm. of B gave ·2264 gm. of water.

Show that the above results illustrate the law of Multiple Proportions.

[একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড A এবং B বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রবাহের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে যে জল উৎপন্ন হয় তাহা ওজন করা হইল। নিম্নলিখিত ফলাফল পাওয়া গেল :— Aর 2 গ্রাম ·2517 গ্রাম জল উৎপন্ন করে।

Bর 1 গ্রাম ·2264 গ্রাম জল উৎপন্ন করে।

তাহা হইলে দেখাও এই তথ্যটি গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।]

10. Two oxides of a metal M, when heated to a constant weight in a current of hydrogen, gave ·12585 gm. and ·2264 gm. of water respectively per gram of the oxides used. If the formula for the latter be MO, find that of the former.

[একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড হাইড্রোজেন প্রবাহের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে ·12585 গ্রাম এবং ·2264 গ্রাম জল প্রতি গ্রাম অক্সাইড হইতে উৎপন্ন হয়। যদি দ্বিতীয়টির সংকেত MO হয় তাহা হইলে প্রথমটির সংকেত নির্ণয় কর।]

[Ans. M_2O]

11. Two oxides of a metal contain 27·6% and 30% of oxygen respectively. If the formula of the first be M_3O_4, find that of the second.

[একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডে যথাক্রমে 27·6% এবং 30% অক্সিজেন আছে। যদি প্রথমটির সংকেত M_3O_4 হয়, দ্বিতীয়টির সংকেত নির্ণয় কর।]

[Ans. M_2O_3]

২

গ্যাসীয় পদার্থের আচরণ

(Behaviour of Gases)

বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্র

(Boyle's Law and Charles' Law)

পদার্থের তিনটি অবস্থার (কঠিন, তরল ও গ্যাস) মধ্যে গ্যাসীয় পদার্থের অবস্থা-জনিত ধর্মের কিছু বৈশিষ্ট্য লক্ষিত হয়। যেমন, গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের কোন নির্দিষ্ট আয়তন ও আকার নাই। কিন্তু ইহা পদার্থ বলিয়া ইহার ভার (weight) আছে। অতি সামান্য পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থও যে-কোন আয়তনের পাত্রকে সম্পূর্ণরূপে সমঘনত্বে (to a uniform density) ভর্তি করিতে পারে। গ্যাসীয় পদার্থ স্বচ্ছ এবং সাধারণতঃ অদৃশ্য।

দুই বা ততোধিক যে-কোন গ্যাস একত্রিত করিলে একটি সমসত্ব (homogeneous) মিশ্রণ প্রস্তুত হয়। সমস্ত গ্যাস সমানভাবে মিশিতে পারে। সকল অবস্থাতেই তাহারা চাপ প্রদান করে।

পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে (১ম খণ্ড) যে, পদার্থ নিরবিচ্ছিন্ন (concrete) নয়, বরং বিচ্ছিন্ন (discrete)। পদার্থ অসংখ্য অণুর (molecule) সমন্বয়ে গঠিত। অণুগুলি পরস্পর গায়ে গায়ে লাগিয়া থাকে না। উহাদের মধ্যে আণবিক ব্যবধান (intermolecular space) আছে। আবার আণবিক ব্যবধান থাকা সত্ত্বেও অণুগুলি পরস্পর আকর্ষণী-শক্তি (intermolecular force of attraction) দ্বারা আকৃষ্ট হয়। অণুগুলি নিশ্চল থাকেনা, সর্ব্বদাই সঞ্চরণশীল। গ্যাসীয় অবস্থায় অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণী-শক্তি কমিয়া যায় এবং আণবিক ব্যবধান (intermolecular space) বাড়িয়া যায়। ফলে গ্যাসের অণুগুলি দ্রুতবেগে ইতস্ততঃ সঞ্চরণ করে। সেইজন্য গ্যাস সমস্ত আধারময় ছড়াইয়া পড়ে। ইহার গতিশীল অণুগুলি আধারের গায়ে অনবরত আঘাত করে। ইহাতে পাত্রের গায়ে চাপ পড়ে। ইহাকে **গ্যাসীয় চাপ (Pressure)** বলে।

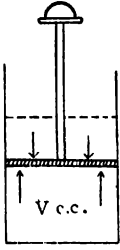
আমাদের চতুর্দিকে পৃথিবীর আবরণ হিসাবে যে বায়ুমণ্ডলী আছে, তাহাও গ্যাসীয় পদার্থ। সুতরাং উহারও চাপ আছে। বিজ্ঞানী **টরিসেলী (Toricelli)** একটি সুন্দর পরীক্ষা করিয়া দেখাইয়াছেন যে, বায়ুমণ্ডলের চাপ 76 সেন্টিমিটার পারদস্তম্ভের

ওজনের সমান। বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন উচ্চতায় পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে ভিন্ন ভিন্ন উচ্চতায় পারদস্তম্ভের উচ্চতা ভিন্ন অর্থাৎ চাপের পরিমাণও বিভিন্ন। 0°C উষ্ণতায় বিষুবরেখার নিকট সমুদ্র সমতলে প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে বায়ুমণ্ডলের চাপ = 76 সেন্টিমিটার উচ্চ পারদস্তম্ভের ওজনের সমান $= 76 \times 13{\cdot}6 \times 980$ ডাইন [পারদের ঘনত্ব (density) = 13·6, অভিকর্ষজ ত্বরণ (acceleration due to gravity) = 980]। চাপের পরিমাণ সাধারণতঃ ডাইনে (dyne) প্রকাশ করা হয়। এই চাপ প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 15 পাউণ্ড বা $7\frac{1}{2}$ সের। এই চাপকে **প্রমাণ চাপ (Normal Pressure or Standard Pressure)** বলে এবং 0°C উষ্ণতাকে **প্রমাণ উষ্ণতা (Normal Temperature)** বলে।

যেহেতু বায়ুমণ্ডলের চাপ 76 সেন্টিমিটার পারদস্তম্ভের ওজনের সমান, এই চাপকে **এক বায়ুমণ্ডলের চাপ (One Atmosphere Pressure)** বলে। সুতরাং কোন গ্যাসের চাপ যদি 57 সেন্টিমিটাব পারদস্তম্ভের ওজনের সমান হয়, তাহা হইলে এই চাপকে $\frac{57}{76} = \frac{3}{4}$ বায়ুমণ্ডলের চাপ বলা যাইতে পারে। বায়ুমণ্ডলের চাপ ও উষ্ণতা নানাকারণে পরিবর্তিত হয়। আবার গ্যাসের চাপ ও উষ্ণতার সঙ্গে আয়তন পরিবর্তিত হয়। সেইজন্য বিভিন্ন গ্যাসের আয়তন তুলনা করিবার জন্য আয়তনগুলিকে প্রমাণ চাপ ও প্রমাণ উষ্ণতা হিসাবে লেখা হয়। শুধু যদি লেখা হয় 20 c.c. অক্সিজেন, তবে বুঝিতে হইবে যে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় অক্সিজেনের আয়তন 20 c.c. অর্থাৎ 76 Cm (সেন্টিমিটার) বা 760 mm (মিলিমিটার) চাপে এবং 0°C উষ্ণতায় অক্সিজেনের আয়তন 20 c.c.। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতার সংকেত হিসাবে লেখা হয় N. T. P. বা S. T. P. অর্থাৎ নরমাল্ বা স্ট্যাণ্ডার্ড টেম্পারেচার ও প্রেসার (Normal or Standard Temperature and Pressure)।

বয়েলের সূত্র :
(Boyle's Law)

একটি সিলিণ্ডারে (cylinder) কিছু পরিমান গ্যাস ভর্তি করিয়া একটি পিষ্টনের (Piston) সাহায্যে সিলিণ্ডারের মুখটি আটকাইয়া দেওয়া হইল এবং পিষ্টনের উপর P—পরিমাণ ওজন রাখা হইল। দেখা যাইবে পিস্টনটি খানিকটা নীচে নামিয়া স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। পিস্টনটি নীচে নামার ফলে সিলিণ্ডারের গ্যাস কিছুটা সংকুচিত হইল। ধরা যাক, গ্যাসটির বর্তমান আয়তন V c. c.। P—ওজনের জন্য গ্যাসের উপরে উপর হইতে নীচের দিকে পিস্টনটির চাপ পড়িতেছে এবং গ্যাসও, পিস্টনের গায়ে নীচ হইতে উপরের দিকে চাপ দিতেছে। গ্যাসের নিজস্ব কোন চাপ না

থাকিলে পিস্টনটি গ্যাসভরা পাত্রের তলায় পড়িয়া যাইত P-পরিমাণ অপেক্ষা কম হয় তাহা হইলে পিস্টনটি আরও নীচে নামিয়া আসিবে, অপরদিকে গ্যাসের চাপ যদি বেশী হয় তাহা হইলে পিস্টনটি উপরের দিকে উঠিয়া যাইবে এবং গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পাইবে। যেহেতু পিস্টনটি (Piston) স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া আছে, ইহা হইতে বুঝা যাইতেছে যে V c. c. গ্যাসের ঊর্দ্ধমুখী চাপের পরিমাণও P হইবে। অতএব ইহা স্পষ্টতঃই বুঝা যাইতেছে যে, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার চাপের উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ একই পরিমাণ গ্যাসের আয়তন বিভিন্ন চাপে বিভিন্ন হয়।

পিস্টনযুক্ত সিলিণ্ডার

চাপের সহিত গ্যাসের আয়তনের সম্পর্কটি **আইরিশ বিজ্ঞানী বয়েল (Robert Boyle)** ১৬৬২ খৃষ্টাব্দে প্রথম আবিষ্কার করেন। **নির্দিষ্ট উষ্ণতায় (temperature) কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely proportional to) পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উপর যত বেশী চাপ বৃদ্ধি করা যায়, উহার আয়তন সেই অনুপাতে কমিয়া যায় এবং চাপ যত কমানো যায় আয়তন সেই অনুপাতে বৃদ্ধি পাইতে থাকে। ইহাকেই বয়েল সূত্র (Boyle's Law) বলে।** কঠিন ও তরলের ন্যায় গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে আয়তন বৃদ্ধি পায়। সুতরাং কেবল চাপের প্রভাবে আয়তনের পরিবর্তন মাপিতে হইলে উষ্ণতা নির্দিষ্ট রাখিতে হয়। বয়েল সূত্রের অর্থ হইল যে, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ দ্বিগুন করিলে আয়তন অর্ধেক হইবে এবং চাপ অর্ধেক করিলে গ্যাসের আয়তন দ্বিগুণ হইবে।

ধরা যাক, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ P এবং আয়তন V, উহাদের গুণফল $= P \times V$; এখন চাপ অর্ধেক করিলে, আয়তন দ্বিগুণ হইবে ; অর্থাৎ নূতন চাপ $= \frac{P}{2} = P_1$ এবং আয়তন $= 2V = V_1$; চাপ এক তৃতীয়াংশ করিলে, আয়তন তিনগুণ হইবে, অর্থাৎ নূতন চাপ $= \frac{P}{3} = P_2$, আয়তন $= 3V = V_2$; চাপ দ্বিগুণ করিলে, আয়তন অর্ধেক হইবে, অর্থাৎ নূতন চাপ $= 2P = P_3$, আয়তন $= \frac{V}{2} = V_3$

প্রতিটি পরিবর্তনে চাপ ও আয়তনের গুণফল— $P_1V_1 = \frac{P}{2} \times 2V = PV$;

$$P_2 V_2 = \frac{P}{3} \times 3V = PV\ ; \quad P_3 V_3 = 2P \times \frac{V}{2} = PV\ ;\cdots\cdots$$

অর্থাৎ প্রতিটি পরিবর্তিত অবস্থায় আয়তন ও চাপের গুণফল সর্বদা একই থাকে। অর্থাৎ $P \times V$ সর্বদা একই স্থির সংখ্যা।

সুতরাং $PV = P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = \cdots\cdots = K$

$K =$ ধ্রুবক (Constant)। $\therefore\ P = \frac{K}{V}$ বা $V = \frac{K}{P}$

বীজগণিতের ভ্যারিয়েশন (Variation) সূত্র জানা থাকিলে বয়েল সূত্রটি নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা যায়—

উষ্ণতা (temperature) অপরিবর্তিত (constant) থাকিলে,

$V \propto \frac{1}{P}$ (ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়)

সুতরাং $V = K\frac{1}{P}$ K একটি নিত্য সংখ্যা (Constant)।

অর্থাৎ $PV = K$

গ্যাসের চাপ ও ঘনত্ব (Influence of Pressure on Density)—

আমরা জানি পদার্থের ঘনত্ব (Density) $= \frac{\text{পদার্থের ভর (mass)}}{\text{পদার্থের আয়তন (volume)}}$

অর্থাৎ কোন গ্যাসের আয়তন কমিলে ঘনত্ব বাড়িয়া যায় এবং আয়তন বাড়িলে ঘনত্ব কমিয়া যায়। অতএব কোন গ্যাসের ঘনত্ব আয়তনের উপর নির্ভর করে।

ধরা যাক, M ভরবিশিষ্ট কোন গ্যাসের P_1 চাপে, আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_1 ও D_1 এবং P_2 চাপে, আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_2 ও D_2।

তাহা হইলে $D_1 = \frac{M}{V_1}$ এবং $D_2 = \frac{M}{V_2}$

অর্থাৎ $V_1D_1 = M = V_2D_2 \quad \therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1}$

বয়েল-সূত্র অনুসারে, $P_1V_1 = P_2V_2$ বা $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$

সুতরাং $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{D_2}{D_1}$ অর্থাৎ $\frac{D_2}{D_1} = \frac{P_2}{P_1}$

$\therefore\ D \propto P$ (সম অনুপাতে পরিবর্তিত হয়)

অতএব, **উষ্ণতা অপরিবর্তিত (Constant) থাকিলে কোন গ্যাসের ঘনত্ব (Density) চাপের সম-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ চাপ বৃদ্ধি**

পাইলে সম-অনুপাতে (Varies directly as) ঘনত্ব বৃদ্ধি পায় এবং চাপ কম হইলে সম-অনুপাতে ঘনত্ব কমিয়া যায়।

গাণিতিক উদাহরণ :

১। অপরিবর্তিত উষ্ণতায়, 40 c. c. নাইট্রোজেন গ্যাসকে প্রমাণ চাপ হইতে 114 Cm. চাপে পরিবর্তন করিলে ইহার আয়তন কত হইবে?

উত্তর—মনে করা যাক $P = 76$ Cm. (প্রমাণ চাপ)

এবং $V = 40$ c. c. ; $P_1 = 114$ Cm.

ধরা যাক 114 Cm. চাপে নাইট্রোজেনের আয়তন V_1 c. c.

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী $PV = P_1V_1$

বা, $76 \times 40 = 114 \times V_1$ অথবা $V_1 = \frac{76 \times 40}{114} = 26{\cdot}66$ c. c.

২। অপরিবর্তিত উষ্ণতায়, প্রমাণ চাপে 100 c. c. অক্সিজেন গ্যাসকে 80 c. c. আয়তনে পরিণত করার জন্য কত পরিমাণে চাপ বৃদ্ধি করা প্রয়োজন?

উত্তর—মনে করা যাক $P = 76$ Cm. (প্রমাণ চাপ)

এবং $V = 100$ c. c. ; $V_1 = 80$ c. c.

ধরা যাক পরিবর্তিত চাপের পরিমাণ P_1 Cm.

বয়েল সূত্র অনুযায়ী— $PV = P_1V_1$

বা $76 \times 100 = P_1 \times 80$ অথবা $P_1 = \frac{76 \times 100}{80} = 95$ Cm.

সুতরাং চাপ বৃদ্ধি করার প্রয়োজন $= (95 - 76) = 19$ Cm.

৩। 760 mm. চাপে ও 0°C উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ঘনত্ব 16 ; চাপ তিন গুণ বৃদ্ধি করিলে ঘনত্ব কত হইবে?

উত্তর—মনে করা যাক $P_1 = 760$ mm. ; $P_2 = 3 \times 760$ mm.

$D_1 = 16$ এবং নূতন ঘনত্ব $= D_2$

আমরা জানি $D \propto P$

অর্থাৎ $\frac{D_1}{D_2} = \frac{P_1}{P_2}$ অথবা $\frac{16}{D_2} = \frac{760}{3 \times 760}$ $\therefore D_2 = 48$

চার্লসের সূত্র :

(Charles' Law)

তাপ প্রয়োগ করিলে সমস্ত পদার্থেরই উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় এবং সঙ্গে সঙ্গে আয়তনও বৃদ্ধি পায়। কিন্তু সম-মাত্রা উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য কঠিন ও তরল পদার্থের আয়তন

যে মাত্রায় বৃদ্ধি পায় গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন উহা অপেক্ষা অধিক পরিমাণে বৃদ্ধি পায়।

সম-মাত্রা উষ্ণতায় কঠিন ও তরল পদার্থের আয়তন কতখানি বৃদ্ধি পাইবে তাহা নির্ভর করে পদার্থের ধর্মের উপর। কারণ একই তাপে তামা, লোহা, সোনা, জল, তেল প্রভৃতির আয়তন বিভিন্ন অনুপাতে বৃদ্ধি পায়। কিন্তু যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থই লওয়া হউক না কেন **প্রতিটি গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন একই তাপে সমান অনুপাতে বৃদ্ধি পায়**। সেইরূপ উষ্ণতা কমাইলে প্রতিটি গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন সমান অনুপাতে সংকুচিত হয়। অর্থাৎ সমস্ত গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনের প্রসারণে (expansion) বা সংকোচনে (Contraction) একই রকম ব্যবহার করে। আরও লক্ষ্য করা গিয়াছে যে, নির্দিষ্ট চাপে এবং 0°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের যে আয়তন থাকে, প্রতি সেন্টিগ্রেড ডিগ্রি উষ্ণতা (temperature) বৃদ্ধির জন্য গ্যাসের আয়তন উহার 0°C আয়তনের $\frac{1}{273}$ অংশ বৃদ্ধি পায়। এই $\frac{1}{273}$ অংশটিকে গ্যাসের **প্রসারাঙ্ক (Coefficient of Expansion)** বলা হয়।

তাপের প্রভাবে গ্যাসের আয়তন যেভাবে পরিবর্তন হয় তাহার সূত্রটি ১৭৮৭ খৃষ্টাব্দে **বিজ্ঞানী চার্লস (Charles)** আবিষ্কার করেন। কিন্তু এই সূত্রটি তখন অপ্রকাশিত অবস্থায় ছিল। বিজ্ঞানী ডালটন ও গে-লুসাক ১৮০১ খৃষ্টাব্দে এই সূত্রটি স্বতন্ত্রভাবে আবিষ্কার করেন। কিন্তু চার্লসের নামানুসারে এই সূত্রটি **চার্লস সূত্র** (Charles' Law) নামে বিখ্যাত। এই সূত্রটি বলে—**নির্দিষ্ট চাপে, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন প্রতি সেণ্টিগ্রেড ডিগ্রি উষ্ণতা পরিবর্তনের জন্য উহার 0°C-এ যে আয়তন ছিল তাহার $\frac{1}{273}$ অংশ প্রসারিত বা সঙ্কুচিত হইবে।**

মনে করা যাক, নির্দিষ্ট চাপে এবং 0°C উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন V_0 c.c. ; চাপ অপরিবর্তিত রাখিয়া যদি উষ্ণতা বৃদ্ধি করা যায়, তাহা হইলে—

1°C উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য গ্যাসের আয়তন $= V_0 + V_0\frac{1}{273} = V_0\left(1+\frac{1}{273}\right)$ c.c.

2°C " " $= V_0\left(1+\frac{1}{273}\right) + \frac{V_0}{273} = V_0\left(1+\frac{2}{273}\right)$ c.c.

3°C " " " $= V_0\left(1+\frac{3}{273}\right)$ c.c.

t°C " " " $= V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$ c.c.

আবার উষ্ণতা হ্রাস করিলে,

-1°C উষ্ণতা হ্রাসের জন্য গ্যাসের আয়তন $= V_0 - \frac{V_0}{273} = V_0\left(1-\frac{1}{273}\right)$ c.c.

-2°C „ „ „ „ $= V_0\left(1-\frac{2}{273}\right)$ c.c.

-10°C „ „ „ „ $= V_0\left(1-\frac{10}{273}\right)$ c.c.

-273°C „ „ „ „ $= V_0\left(1-\frac{273}{273}\right)$ c.c.

$= 0$. c. c.

উপরোক্ত আলোচনা হইতে দেখা যাইতেছে যে, 0°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_0 c.c. হইলে এবং চাপ অপরিবর্তিত রাখিয়া উষ্ণতা কমাইতে থাকিলে -273°C উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন শূন্য হইবে। অর্থাৎ -273°C উষ্ণতা পৌছিলে গ্যাসের আয়তন লোপ পাইবে। কিন্তু -273°C উষ্ণতা পৌছিবার পূর্বেই সকল প্রকার গ্যাস তরল হইয়া যায়। সেইজন্য -273°C তাপে গ্যাসের আয়তন সত্যই শূন্য হইবে কিনা তাহার পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ নাই। কিন্তু গাণিতিক হিসাবে (mathematical calculation) -273°C উষ্ণতায় সকল প্রকার গ্যাসের আয়তন লোপ পাইয়া বা শূন্য হইয়া যায়। **যে উষ্ণতায় সকল প্রকার গ্যাসের আয়তন লোপ পাইয়া যায় সেই উষ্ণতাকে পরম শূন্য (Abosolute zero) বলা হয়।**

এই পরম শূন্য হইতে যদি সেন্টিগ্রেড ডিগ্রি অনুসারে উষ্ণতা মাপা যায় তাহা হইলে উহাকে **পরম মাত্রা (Absolute scale)** বলা হয়। পরম মাত্রা বা স্কেল অনুসারে যে উষ্ণতা মাপা হয় তাহাকে **পরম উষ্ণতা (Absolute Temperature)** বলে। ইহাকে লেখা হয় T।

সুতরাং পরম মাত্রা অনুসারে 0°C = 273° T

তাহা হইলে 23°C = (23 + 273)°T বা 300° T

অতএব T যদি পরম মাত্রার মান হয় এবং t°C যদি সেন্টিগ্রেড স্কেলের মান হয়, তাহা হইলে **সাধারণ তাপমাত্রা ও পরম তাপমাত্রার সম্বন্ধ** হিসাবে লিখিতে পারা যায় : $T = t + 273$

অর্থাৎ পরম মাত্রার মান = সেন্টিগ্রেড স্কেলের মান + 273

পরম মাত্রানুযায়ী চার্লস-সূত্র—

ধরা যাক $0°C$ উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন $= V_0$ c.c.

$t_1°C$ " " " " $= V_1$ c.c.

$t_2°C$ " " " " $= V_2$ c.c.

তাহা হইলে চার্লস সূত্র অনুযায়ী—

$$V_1 = V_0\left(1+\frac{t_1}{273}\right) = V_0\left(\frac{273+t_1}{273}\right)$$

এবং $$V_2 = V_0\left(1+\frac{t_2}{273}\right) = V_0\left(\frac{273+t_2}{273}\right)$$

এখন সাধারণ উষ্ণতা ও পরম উষ্ণতার সম্বন্ধ হইতেছে

$$T = t + 273$$

সুতরাং $T_1 = t_1 + 273$ এবং $T_2 = t_2 + 273$

অতএব $V_1 = V_0\dfrac{T_1}{273}$ এবং $V_2 = V_0\dfrac{T_2}{273}$

$$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_0\frac{T_1}{273}}{V_0\frac{T_2}{273}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{273+t_1}{273+t_2}$$

ইহা হইতেই বুঝা যাইতেছে যে, **অপরিবর্তিত চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন পরম উষ্ণতার সহিত সম-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।** অর্থাৎ চাপ স্থির রাখিয়া পরম উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন সেই অনুপাতে বৃদ্ধি পাইবে এবং পরম উষ্ণতা কমাইলে গ্যাসের আয়তন সম-অনুপাতে কমিবে।

অনুসিদ্ধান্ত (Corollary)—

আমরা জানি $V = \dfrac{M}{D}$ অর্থাৎ $V_1 = \dfrac{M}{D_1}$; $V_2 = \dfrac{M}{D_2}$;

চার্লস সূত্র হইতে পাওয়া যায়, $\dfrac{V_1}{V_2} = \dfrac{T_1}{T_2}$

বা, $$\frac{V_1}{V_2} = \frac{M}{D_1} \times \frac{D_2}{M} = \frac{D_2}{D_1}\ ; \qquad \therefore \quad \frac{D_2}{D_1} = \frac{T_1}{T_2}$$

অর্থাৎ নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট ভরের (mass) গ্যাসের ঘনত্ব পরম উষ্ণতার সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

গাণিতিক উদাহরণ :

১। 27°C উষ্ণতায় অক্সিজেনের আয়তন 500 c. c. হইলে 127°C উষ্ণতায় অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে ? গ্যাসের চাপ অপরিবর্তিত থাকিবে।

উত্তর—ধরা যাক, $t_1 = 27°C$ এবং $t_2 = 127°C$.

$V_1 = 500$ c.c. এবং উষ্ণতা বৃদ্ধির ফলে গ্যাসের আয়তন $= V_2$ c. c.

তাহা হইলে, $$\frac{V_1}{V_2} = \frac{273 + t_1}{273 + t_2}$$

অথবা, $$\frac{500}{V_2} = \frac{273 + 27}{273 + 127} = \frac{300}{400}$$

বা, $$V_2 = \frac{500 \times 400}{300} = \frac{2000}{3} = 666{\cdot}66 \text{ c. c.}$$

২। অপরিবর্তিত চাপে, 200 c. c. নাইট্রোজেন গ্যাসকে 27°C উষ্ণতা হইতে -20°C উষ্ণতায় শীতল করিলে নাইট্রোজেনের আয়তন কত হইবে ?

উত্তর—ধরা যাক $t_1 = 27°C$ এবং $t_2 = -20°C$. $V_1 = 200$ c.c. এবং উষ্ণতা হ্রাস করিলে আয়তন $= V_2$ c.c.

তাহা হইলে চার্লস সূত্র অনুযায়ী— $$\frac{V_1}{V_2} = \frac{273 + t_1}{273 + t_2}$$

অথবা, $$\frac{200}{V_2} = \frac{273 + 27}{273 - 20} = \frac{300}{253}$$

বা, $$V_2 = \frac{200 \times 253}{300} = 168{\cdot}66 \text{ c.c.}$$

বয়েল ও চার্লস সূত্রের সমন্বয় :

(Combination of Boyle's and Charles' Law)

মনে করা যাক, P চাপে ও T পরম উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V c.c.। এখন P_1 চাপে ও T_1 পরম উষ্ণতায় ঐ গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করিতে হইবে। ধরা যাক্ আয়তন V_1 হইবে।

প্রথমে উষ্ণতা নির্দিষ্ট রাখিয়া গ্যাসের চাপ P হইতে P_1 যে পরিবর্তিত করিলে আয়তনের পরিবর্তন হইবে। ধরা যাক, আয়তন V হইতে V_2 হইল। তাহা হইলে বয়েল সূত্রানুসারে—

$$PV = P_1V_2 \quad \text{বা} \quad V_2 = \frac{PV}{P_1} \cdots\cdots(1)$$

এখন চাপ P_1 তে নির্দিষ্ট রাখিয়া উষ্ণতা T হইতে T_1 যে পরিণত করিলে

আয়তনের পরিবর্তন হইবে। ধরা যাক্ আয়তন V_2 হইতে V_1 হইল। তাহা হইলে চার্লস সূত্রানুসারে—

$$\frac{V_2}{V_1}=\frac{T}{T_1} \text{ বা } \frac{V_2}{T}=\frac{V_1}{T_1}; \text{ বা, (1) হইতে } \frac{PV}{P_1T}=\frac{V_1}{T_1}$$

অথবা $\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}=K$; K = ধ্রুবক (constant)

অর্থাৎ PV = KT, এই নিত্য সংখ্যা (constant) K কে বলা হয় **গ্যাস ধ্রুবক (Gas Constant)** এবং এই সমীকরণকে বলা হয় **গ্যাস সমীকরণ (Gas Equation)**। ভ্যারিয়েশনের সূত্র জানা থাকিলে গ্যাস সমীকরণটি নিম্নলিখিত ভাবে বাহির করা যায়।

বয়েল সূত্রে বলা হইয়াছে, উষ্ণতা T অপরিবর্তিত থাকিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের V আয়তন P চাপের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

তাহা হইলে, $V \propto \frac{1}{P}$; যখন T ধ্রুবক

চার্লস সূত্রে জানা যায়, চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন পরম উষ্ণতার সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

তাহা হইলে, $V \propto T$; যখন P ধ্রুবক

এই দুইটি সূত্রকে একত্র করিলে ভ্যারিয়েশনের সূত্রানুসারে—

$V \propto T.\frac{1}{P}$; যখন T ও P উভয়ই পরিবর্তনশীল

∴ $PV \propto T$ অর্থাৎ $PV = KT$; K একটি ধ্রুবক

অর্থাৎ $\frac{PV}{T}=K$ P, V, T সকলেই পরিবর্তনশীল।

একইভাবে যদি T_1, T_2, T_3, ইত্যাদি পরম উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমান গ্যাসের চাপ P_1, P_2, P_3, ইত্যাদি এবং আয়তন V_1, V_2, V_3, ইত্যাদি হয়, তাহা হইলে $\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}=\frac{P_3V_3}{T_3}=K$, K একটি ধ্রুবক।

অনুসিদ্ধান্ত (Corollary) —

আমরা জানি, $V=\frac{M}{D}$ অর্থাৎ, $V_1=\frac{M}{D_1}$; $V_2=\frac{M}{D_2}$

গ্যাস সমীকরণ হইতে জানা যায়, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

বা, $\frac{P_1M}{D_1T_1}=\frac{P_2M}{D_2T_2}$ বা, $\frac{P_1}{D_1T_1}=\frac{P_2}{D_2T_2}$

বা, $\frac{D_1T_1}{P_1}=\frac{D_2T_2}{P_2}$

গাণিতিক উদাহরণ :

১। প্রমাণ চাপে ও তাপে (N. T. P.) কোন গ্যাসের আয়তন 910 c.c. হইলে 27°C তাপে ও 152 Cm. চাপে গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?

উত্তর—মনে করা যাক, প্রমাণ তাপ $t_1=0°C$ এবং $t_2=27°C$.

তাহা হইলে পরম তাপমাত্রা $T_1=0+273=273°T$

$T_2=27+273=300°T$

প্রমাণ চাপ $P_1=76$ Cm. এবং $P_2=152$ Cm.

$V_1=910$ c.c. এবং পরিবর্তিত আয়তন $=V_2$ c.c.

গ্যাস সমীকরণ অনুসারে, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

অথবা, $\frac{76\times 910}{273}=\frac{152\times V_2}{300}$

বা, $V_2=\frac{76\times 910\times 300}{273\times 152}=500$ c.c.

২। একটি বেলুনে 12°C উষ্ণতায় 756 mm. চাপে 450 c. c. বায়ু আছে। বেলুনটি একটি খনিগর্ভে লইয়া গেলে ইহার উষ্ণতা 5°C এবং চাপ 765 mm. হইল। বেলুনের আয়তনের কত পরিবর্তন হইল ?

উত্তর—মনে করা যাক, $t_1=12°C$ এবং $t_2=5°C$.

পরম উষ্ণতা $T_1=12+273=285°T$

$T_2=5+273=278°T$

$P_1=756$ mm. এবং $P_2=765$ mm.

$V_1=450$ c. c. এবং ধরা যাক পরিবর্তিত আয়তন $=V_2$ c. c.

গ্যাস সমীকরণ অনুসারে, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

অথবা, $\frac{756\times 450}{285}=\frac{765\times V_2}{278}$

বা, $V_2=\frac{756\times 450\times 278}{285\times 765}=433{\cdot}7$ c. c.

অতএব বেলুনের আয়তন (450 − 433·7) বা 16·3 c. c. কমিয়া যাইবে।

ডালটনের অংশ-চাপ সূত্র ঃ

(Dalton's Law of Partial Pressure)

যদি কোন একটি নির্দিষ্ট আয়তনের পাত্রে একাধিক গ্যাস মিশ্রিত অবস্থায় থাকে এবং সেই মিশ্র গ্যাসগুলির মধ্যে যদি রাসায়নিক প্রক্রিয়া ঘটে এবং গ্যাস মিশ্রনের উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকে তাহা হইলে সেই মিশ্রিত গ্যাসের একটি চাপ থাকিবে। আবার মিশ্রনের প্রত্যেকটি উপাদান পৃথক ভাবে ঐ একই পাত্রে থাকিলে, পরিমাণ অনুযায়ী প্রত্যেকটি গ্যাসের ভিন্ন ভিন্ন এক একটি চাপ হইবে। প্রত্যেকের ভিন্ন ভিন্ন চাপকে তাহাদের **অংশ-চাপ** (**Partial Pressure**) বলে।

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনের সংপৃক্ত বা অসংপৃক্ত দুই বা ততোধিক গ্যাস যদি কোন একটি পাত্রে একত্র মিশ্রিত করা হয় এবং মিশ্রিত গ্যাসগুলির মধ্যে যদি কোনরূপ রাসায়নিক প্রক্রিয়া না ঘটে তাহা হইলে মিশ্র গ্যাসের চাপ গ্যাসগুলির অংশ চাপের যোগফলের সমান হইবে। ইহাই ডালটনের অংশ-চাপ সূত্র (Dalton's Law of partial Pressure) নামে খ্যাত। অর্থাৎ যদি কোন নির্দিষ্ট আয়তনে বিভিন্ন গ্যাসের চাপ P_1, P_2, P_3.... ইত্যাদি হয় এবং একই উষ্ণতায় সেই আয়তনেই উহাদের মিশ্রনের চাপ যদি P হয় তাহা হইলে $P = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots\cdots$ হইবে।

গাণিতিক উদাহরণ ঃ

একটি বড় পাত্রে 800 c.c. অক্সিজেন ও 500 c.c. নাইট্রোজেন ভরা হইল। অক্সিজেনের চাপ 160 Cm. এবং নাইট্রোজেনের চাপ 200 Cm. ; মিশ্র গ্যাসের চাপ কত ?

উত্তর—মনে করা যাক P = মিশ্র গ্যাসের চাপ।

মিশ্রনের পর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন উভয়ের আয়তন হইল (800+500)= **1300 c. c.**। ধরা যাক, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অংশ-চাপ যথাক্রমে P_1 ও P_2।

বয়েল সূত্রানুসারে, $PV = P_1V_1$

$$\therefore \quad 160 \times 800 = P_1 \times 1300 \quad \text{বা} \quad P_1 = \frac{160 \times 800}{1300} = 98.5 \text{ Cm.}$$

$$\text{এবং } 200 \times 500 = P_2 \times 1300 \quad \text{বা} \quad P_2 = \frac{200 \times 500}{1300} = 76.9 \text{ Cm.}$$

$$\therefore \quad P = P_1 + P_2 = 98.5 + 76.9 = 175.4 \text{ Cm.}$$

রসায়নাগারে (Laboratory) সাধারণতঃ গ্যাস জলের উপরে সংগ্রহ করা হয়।

* পাঠ্য বিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে।

সুতরাং এই গ্যাসে জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। এই গ্যাসের প্রকৃত চাপ বাহির করিবার জন্য জলীয় বাষ্পের চাপ বাদ দিতে হয়। ধরা যাক, কোন আর্দ্র গ্যাসের (moist gas) চাপ $=P$ এবং শুষ্ক গ্যাসের (dry gas) চাপ $=p$ এবং সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ পরীক্ষা সময়ের উষ্ণতায় $=f$; তাহা হইলে $P=p+f$, বা $p=P-f$

মনে করা যাক, আর্দ্র গ্যাসের উষ্ণতা $=t°C$ এবং আয়তন V c.c.

প্রমাণ চাপ ও তাপে (N. T. P.) ঐ গ্যাসের আয়তন $=V_1$ c.c.

তাহা হইলে $\frac{V_1 \times 76}{273} = \frac{V(P-f)}{273+t}$;

V জানা থাকিলে V_1 সহজেই নির্ণয় করা যায়।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. State Boyle's Law. What do you understand by 'Absolute Zero' and 'Absolute Temperature'?

[বয়েলের সূত্রটি বিবৃত কর। 'পরম শূন্য' ও 'পরম উষ্ণতা' বলিতে কি বুঝায়?]

2. Half a litre of a gas at 360 mm. pressure is compressed to 200 c.c. at constant temperature. Find the new pressure of the gas.

[360 mm. চাপে রক্ষিত অর্ধ-লিটার গ্যাসকে সঙ্কুচিত করিয়া 200 c.c. করা হইল। উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলে গ্যাসটির নূতন চাপ নির্ণয় কর।]

[Ans. 900 mm.]

3. 2·45 litres of oxygen was collected at a pressure of 740 mm. of mercury. What volume would the oxygen occupy at a pressure of 765 mm. of mercury, temperature remaining constant?

[740 mm. পারদস্তম্ভের চাপে 2·45 লিটার অক্সিজেন সংগ্রহ করা হইল। উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলে 765 mm. পারদস্তম্ভের চাপে অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে?]

[Ans. 2·37 litres]

4. How does the volume of a gas change with the change of temperature, the pressure remaining constant? Give its mathematical relation.

[অপরিবর্তিত চাপে, উষ্ণতার সহিত গ্যাসের আয়তন যে ভাবে পরিবর্তিত হয় তাহার গাণিতিক সম্বন্ধ নির্ণয় কর।]

5. A certain mass of a gas occupies 200 c. c. at 127°C. Find its volume at 0°C, pressure remaining constant.

[127°C তাপে কিছু পরিমাণ গ্যাস 200 c. c. আয়তন অধিকার করে। অপরিবর্তিত চাপে, 0°C তাপে ইহার আয়তন নির্ণয় কর।] [Ans. 136·5 c.c.]

6. State Charles' Law. What is absolute temperature ? How would you relate absolute temperature with centigrade scale of temperature ? How would you relate absolute temperature with volume under fixed pressure ?

[চার্লসের সূত্রটি বর্ণনা কর। পরম উষ্ণতা কাহাকে বলে ? পরম উষ্ণতার সহিত সেন্টিগ্রেড স্কেলের উষ্ণতার সহিত কি ভাবে সম্বন্ধ স্থাপন করিবে ? নির্দিষ্ট চাপে কিভাবে পরম উষ্ণতার সহিত আয়তনের সম্বন্ধ স্থাপন করিবে ?]

7. 60 cubic inches of hydrogen originally measured at 20°C are cooled to -20°C. What will now be the volume of the gas ?

[20°C তাপে, 60 ঘন ইঞ্চি হাইড্রোজেনকে-20°C তে শীতল করিলে উহার আয়তন কত হইবে ?] [Ans. 51·8 cubic inches]

8. Deduce a mathematical relation between temperature, pressure and volume of a gas.

A gas occupies a volume of 50 c. c. at 30°C and 680 mm. of mercury. Calculate the volume of the gas at N. T. P.

[গ্যাসীয় পদার্থের চাপ, তাপ ও আয়তনের একটি গাণিতিক সম্পর্ক স্থাপন কর। 680 mm. পারদস্তম্ভের চাপে ও 30°C উষ্ণতায় একটি গ্যাসের আয়তন 50 c.c.। গ্যাসটির N. T. P. তে আয়তন নির্ণয় কর।] [Ans. 40·3 c.c.]

9. Show with the help of Boyle's and Charles' Law that PV/T is a constant. How does this relation change with the change of density of a gas ?

[বয়েল ও চার্লসের সূত্র হইতে দেখাও যে PV/T একটি ধ্রুবক। গ্যাসের ঘনত্ব পরিবর্তনের সহিত ইহা কি ভাবে পরিবর্তিত হইবে ?]

10. A certain mass of a gas is at 30°C. Calculate (*i*) the temperature at which its volume is doubled, the pressure remaining constant, and (*ii*) the temperature at which its pressure is trebled, the volume remaining as at 30°C.

[কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস 30°C উষ্ণতায় আছে। (*i*) চাপ অপরিবর্তিত থাকিয়া, কত তাপে ইহার আয়তন দ্বিগুণ হইবে, এবং (*ii*) ইহার আয়তন অপরিবর্তিত থাকিয়া কত তাপে ইহার চাপ তিনগুণ হইবে, নির্ণয় কর।

[Ans. (*i*) 333°C ; (*ii*) 636°C]

11. If a certain mass of gas at 700 mm. pressure and 77°C temperature occupies a volume 1·2 litre, find its volume at N. T. P.

[কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস যদি 700 mm. চাপে ও 77°C তাপে 1·2 লিটার স্থান অধিকার করে, তাহা হইলে উহা N. T. P. তে কত আয়তন অধিকার করিবে ?]
[Ans. ·86 litre]

12. A flask has a capacity of 500 c.c. What volume of air will escape from the flask when the temperature is raised from 25°C to 35°C, the pressure remaining constant ?

[500 c.c. আয়তনের একটি ফ্লাস্ককে যদি 25°C হইতে 35°C পর্য্যন্ত উষ্ণতা বৃদ্ধি করা যায়, তাহা হইলে কত আয়তনের বায়ু ফ্লাস্ক হইতে বাহির হইয়া যাইবে ; চাপ অপরিবর্তিত থাকিবে ?] [Ans. 16·9 c.c.]

13. When the pressure is 760 mm. and the temperature 0°C, the volume of a gas is 910 c.c. What will be the volume of the gas when the pressure is 728 mm. and temperature is 27°C ?

760 mm. চাপে ও 0°C তাপে কোন একটি গ্যাসের আয়তন ছিল 910 c.c. যদি ইহার চাপ 728 mm. ও তাপ 27°C হয় তাহা হইলে গ্যাসটির আয়তন কত হইবে ?] [Ans. 1043·95 c.c.]

14. 200 volume of Nitrogen have a density 14. The pressure is altered, so that the new density is 11. Find the new volume.

[200 আয়তন নাইট্রোজেনের ঘনত্ব হয় 14। ইহার চাপ পরিবর্তিত করিলে নূতন ঘনত্ব হয় 11 ; ইহার নূতন আয়তন কত ?] [Ans. 254·54 volumes]

15. 110 c.c. of hydrogen was collected over water at 18°C and 740 mm. pressure. Calculate the volume of the dry gas at N. T. P. [Aqueous tension at 18°C = 15·4 mm.]

[740 mm. চাপে ও 18°C তাপে জলের উপর 110 c.c. হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা হইল। N. T. P. তে শুষ্ক গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর। (18°C উষ্ণতায় আর্দ্র বায়ুর চাপ 15·4 mm.)] [Ans. 98·4 c.c.]

16. Establish the relation between temperature, pressure and volume of a gas.

2·096 litres of a gas at 17°C and 770·2 mm. pressure weigh **3·93** gm. What is the weight of 1 litre of the gas at N. T. P. ?

[গ্যাসের চাপ, তাপ ও আয়তনের একটি সম্পর্ক নির্ণয় কর। 17°C তাপে ও 770·2 mm. চাপে 2·096 লিটার গ্যাসের ওজন হইল 3·93 গ্রাম। N. T. P. তে এক লিটার গ্যাসের ওজন কত হইবে ?] [Ans. 1·965 gm.]

17. 100 c.c. of hydrogen are measured at 100°C. How many c.c.'s will the gas occupy at -100°C ?

[100°C হাইড্রোজেনের আয়তন হইল 100 c.c. -100°C গ্যাসটির আয়তন কত c.c. হইবে ?] [Ans. 46·37 c.c.]

18. 1 litre of chlorine at N. T. P. weighs 3·2 gm. Calculate the molecular weight. 1 gm. molecule occupies 22·4 litres at N. T. P. What do 100 litres of nitrogen at N. T. P. weight ?

[N. T. P. তে এক লিটার ক্লোরিনের ওজন 3·2 গ্রাম। ইহার আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। এক গ্রাম অণু গ্যাসের N. T. P. তে আয়তন হইল 22·4 লিটার। 100 লিটার নাইট্রোজেনের N. T. P. তে ওজন কত হইবে ?]

[Ans. 71·68 gm ; 125 gm.]

19. 125 c c. of a gas at N. T. P. weighs ·1563 gm. What is the molecular weight of the gas ?

[125 c.c. পরিমাণ একটি গ্যাসের N. T. P. তে ওজন হইল ·1563 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [Ans. 28]

20. What volume will 1 gm. of oxygen occupy at 100°C and 740 mm. of mercury ? Calculate the density of oxygen at N. T. P.

[100°C তাপে ও 740 mm. পারদস্তম্ভের চাপে 1 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে ? N. T. P. তে অক্সিজেনের ঘনত্ব নির্ণয় কর।]

[Ans. ·93 litre ; 1·429 gm/litre.]

———

গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র
(Gay-Lussac's Law of Gaseous Volume)
এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প
(Avogadro's Hypothesis)

১৭৮৪ খৃষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী **ক্যাভেনডিশ** (**H. Cavendish**) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের মধ্যে বিদ্যুৎ সঞ্চারিত করিয়া জল তৈয়ারী করেন। তিনি জল এবং ইহার উপাদান গ্যাস দুইটি সম্পর্কে নানাবিধ পরীক্ষা করিয়া প্রমাণ করেন যে কোন নির্দিষ্ট আয়তনের হাইড্রোজেনকে জলে পরিণত করিতে উহার অর্ধেক আয়তনের অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আয়তনের যে অনুপাতে মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করে তাহা একটি সরল অনুপাতে, 2 : 1 থাকে। উপাদান গ্যাসগুলির আয়তনের এরূপ সরল অনুপাত দেখিয়া ফরাসী বিজ্ঞানী গে-লুসাক (Gay-Lussac) চিন্তা করিতে থাকেন, অন্যান্য গ্যাসীয পদার্থগুলিও সরল অনুপাতে সম্মিলিত হয় কি না। ইহার পরে বিজ্ঞানী গে-লুসাক ও সহযোগী হামবোল্ট (Hambolt) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন প্রভৃতি গ্যাসগুলির রাসায়নিক বিক্রিয়া পরীক্ষা করেন। তাঁহারা প্রমাণ করেন যে, বিক্রিয়ক গ্যাসগুলি (reactant gases) পরস্পর সংযুক্ত হয আয়তনের এক সরল অনুপাতে এবং বিক্রিয়ার ফলে যে নূতন গ্যাসটি উৎপন্ন হয় তাহার আয়তনও একই সরল অনুপাতে থাকে। গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়ায আয়তনের এরূপ সরল অনুপাত দেখিয়া গে-লুসাক ১৮০৮ খৃষ্টাব্দে একটি সূত্র আবিষ্কার করেন। সূত্রটি বলে—

একই চাপ ও উষ্ণতায় বিভিন্ন গ্যাসের বিক্রিয়াকালে উহাদের আয়তনগুলি সরল অনুপাতে থাকে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থটি যদি গ্যাস হয় তাহা হইলে উহার আয়তনও বিক্রিয়ক গ্যাসের আয়তনের সরল অনুপাতে থাকিবে।

ইহাকে **গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র** (**Gay-Lussac's Law of Gaseous Volumes**) বলে। নিম্নলিখিত বিভিন্ন পরীক্ষা হইতে প্রাপ্ত ফল হইতেই এই সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়। যেমন,

১। 1 আয়তন (Volume) হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাস মিলিত হইয়া

2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে। অর্থাৎ আয়তন অনুসারে হাইড্রোজেন : ক্লোরিন : হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস = 1 : 1 : 2, একটি সরল অনুপাত।

২। 1 আয়তন নাইট্রোজেন ও 3 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস মিলিত হইয়া 2 আয়তন এ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে। সুতরাং তাহাদের আয়তনের অনুপাত 1 : 3 : 2, একটি সরল অনুপাত।

৩। 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন মিলিত হইয়া 2 আয়তন বাষ্প উৎপন্ন করে। সুতরাং তাহাদের অনুপাত 2 : 1 : 2, একটি সরল অনুপাত।

উপরিবর্ণিত উদাহরণ হইতে স্পষ্ট বুঝা যাইতেছে যে, উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন বিক্রিয়াকারী গ্যাসসমূহের (reacting gases) আয়তনের সমান হইবে তাহার কোন নিশ্চয়তা নাই। আয়তনগুলি কেবলমাত্র সরল অনুপাতে থাকিবে।

ডালটনের পরমাণুবাদ :
(Dalton's Atomic Theory)

পদার্থের গঠন সম্বন্ধে প্রাচীন ভারতীয় দার্শনিক **কণাদ** (**Kanad**) ও গ্রীক দার্শনিক **লিউকিপ্পাস** (**Leukippos**) ও **ডিমোক্রিটাসের** (**Demokritos**) নিজস্ব মতবাদ ছিল। তাঁহারা পদার্থের চরম উপাদানরূপে, অদৃশ্য ও অবিভাজ্য অতি ক্ষুদ্র কণা বা পরমাণুর (atom) অস্তিত্ব সম্বন্ধে কল্পনা করিয়াছিলেন। (পরমাণু ও অণু এবং পারমাণবিক ওজন ও আণবিক ওজন সম্বন্ধে প্রাথমিক পরিচয় ১ম খণ্ডে দেওয়া হইয়াছে।) বৃটিশ বিজ্ঞানী **জন ডালটন** ১৮০৩ খৃষ্টাব্দে সেই পরমাণু কল্পনাকে বিস্তৃত ও সুস্পষ্টভাবে পুনঃ প্রতিষ্ঠিত করেন। ৯২ রকম বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলির সাধারণ পরিচয় ও ধর্ম এবং কিভাবে মৌলিক পদার্থের পরমাণু পরস্পর মিলিত হইয়া বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ গঠন করে বিজ্ঞানী ডালটন সেই বিষয়ে একটি মতবাদ (theory) প্রকাশ করেন। ডালটনের এই মতবাদ বিজ্ঞানে **পরমাণুবাদ** (**Atomic Theory**) নামে খ্যাত। তাঁহার পরমাণুবাদ কতকগুলি স্বতঃসিদ্ধ অনুমান ও কল্পনার উপর প্রতিষ্ঠিত। তাঁহার কল্পনাগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল—

(১) পদার্থ নিরবিচ্ছন্ন (concrete) নয়, বরং বিচ্ছিন্ন-সমবায় (discrete) এবং এই সমবায় অতি ক্ষুদ্র পদার্থ কণার সমষ্টি। এরূপ পদার্থ কণাকে সৃষ্টি করাও যায় না, ধ্বংস করাও যায় না। পদার্থের এই অতি ক্ষুদ্র কণার নাম পরমাণু (atom)।

(২) একই রকম মৌলিক পদার্থের (element) পরমাণুগুলি ওজনে ধর্মে ও স্বভাবে সম্পূর্ণভাবে একই রকম।

(৩) বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি পরস্পরের সহিত ধর্মে, ওজনে ও স্বভাবে বিভিন্ন।

উদাহরণ—যেমন, অক্সিজেনের প্রতিটি পরমাণু ধর্মে, ওজনে ও স্বভাবে একই রকম। নাইট্রোজেনের প্রতিটি পরমাণু ধর্মে, ওজনে ও স্বভাবে একই রকম। কিন্তু অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন পরমাণুগুলি ধর্মে, ওজনে ও স্বভাবে বিভিন্ন।

(৪) মৌলিক পদার্থের ধর্ম ও স্বভাব (property and nature) সেই পদার্থের পরমাণুর ওজনের উপর নির্ভর করে।

(৫) দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের মধ্যে উহাদের পরমাণুগুলির সংযোগ বা পুনর্বিন্যাস ঘটিলে, রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে; এবং এই সংযোগ বা পুনর্বিন্যাস সরল অনুপাতে (যেমন, 1 : 1 ; 1 : 2 ; 1 : 3 ; 2 : 3, ইত্যাদি) ঘটিয়া থাকে।

উদাহরণ—হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে (HCl) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন পরমাণুর অনুপাত 1 : 1 ; কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন ও অক্সিজেন পরমাণুর অনুপাত 1 : 2, ইত্যাদি।

(৬) রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে পরমাণুগুলি সম্পূর্ণ অক্ষত ও অবিকৃত থাকে। পরমাণুগুলির আকারে বা ওজনে কোনরূপ পরিবর্তন হয় না।

বার্জেলিয়াসের (Berzelius's) সিদ্ধান্ত :—ডালটনের পরমাণুবাদ প্রচারের কিছুকাল পরেই গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র আবিষ্কৃত হয়। পরমাণুবাদে বলা হয় যে, দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের পরমাণু সরল অনুপাতে যুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করে। আবার গে-লুসাকের সূত্রে বলা হয় যে, রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় গ্যাসীয় পদার্থগুলি আয়তনের সরল অনুপাতে পরস্পর যুক্ত হয়। অতএব, গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে বিক্রিয়া হইলে, গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন এবং তাহার অন্তর্গত পরমাণুসমূহের সংখ্যার একটি সম্পর্ক থাকা খুবই স্বাভাবিক। সুইডিশ বিজ্ঞানী **বার্জেলিয়াস (J. J. Berzelius)** সর্বপ্রথম ডালটনের পরমাণুবাদ ও গে-লুসাকের সূত্রের মধ্যে সমন্বয় সাধনের (correlate) চেষ্টা করেন। তিনি বলেন, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সংযোগে হইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড হয়। পরীক্ষাতে প্রমাণিত হইয়াছে,

এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন পরস্পর যুক্ত হয়। আবার, একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু পরস্পর যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গঠন করে।

তাহা হইলে বুঝা যাইতেছে যে, এক আয়তন হাইড্রোজেনে যত সংখ্যক পরমাণু আছে, এক আয়তন ক্লোরিনেও ঠিক তত সংখ্যক পরমাণু থাকিবে। অতএব বার্জেলিয়াস

পরমাণুগুলি সকল ক্ষেত্রে একক থাকে না। অধিকাংশ সময়েই একাধিক পরমাণু একত্র হইয়া ছোট ছোট পরমাণুপুঞ্জ সৃষ্টি করে। এই পরমাণুপুঞ্জকে **অণু** বলে। অণু সর্বদাই একক থাকিতে পারে। অণুর কল্পনার উপর নির্ভর করিয়া এ্যাভোগাড্রো বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্তটি পরিবর্তিত করিয়া বলেন—

নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন-বিশিষ্ট সকল গ্যাসেই সমান সংখ্যক অণু থাকিবে। অর্থাৎ 1 c. c. অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন প্রভৃতি সকল গ্যাসেই অণুর সংখ্যা একই হইবে। ইহাকেই **এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প (Avogadro's Hypothesis)** বলা হয়।

[ইহাকে সূত্র না বলিয়া' প্রকল্প বলা হয়; তাহার কারণ, প্রত্যক্ষভাবে (directly) কোন নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসের অণুর সংখ্যা গণনা দ্বারা ইহা প্রমাণ করা সম্ভব নয়। কিন্তু এই নীতির উপর নির্ভর করিয়া পরোক্ষে (indirectly) অন্যান্য পরীক্ষা দ্বারা ইহার সত্যতা ও বাস্তবতা নির্ধারিত হইয়াছে।]

বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত যেখানে প্রয়োগ করা সম্ভব হয় নাই, সেখানে এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া সহজে সমাধান হইয়াছে। যেমন,—

2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গঠিত হয় 1 আয়তন ক্লোরিন + 1 আয়তন হাইড্রোজেন সংযোগে,

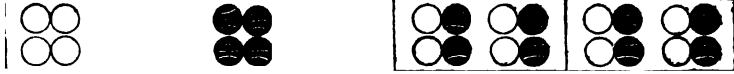
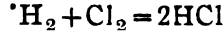
অথবা 2 c.c. হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গঠিত হয় 1 c.c. ক্লোরিন + 1 c.c. হাইড্রোজেন সংযোগে,

এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে যদি 1 c.c. যে কোন গ্যাসে সম চাপ ও তাপে n সংখ্যক অণু থাকে (n = যে কোন সংখ্যা) তাহা হইলে 2 c.c. হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে 2n সংখ্যক অণু আছে। অতএব, 2n অণু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গঠিত হয় n অণু ক্লোরিন + n অণু হাইড্রোজেন সংযোগে,

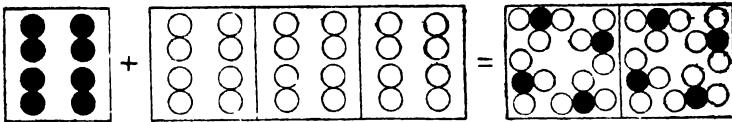
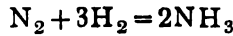
বা 2 অণু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গঠিত হয় 1 অণু ক্লোরিন + 1 অণু হাইড্রোজেন সংযোগে,

বা 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গঠিত হয় $\frac{1}{2}$ ক্লোরিন অণু + $\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন অণু সংযোগে,

ইহা পরমাণুবাদের বিরুদ্ধে যায় না, কারণ পরমাণু অবিভাজ্য কিন্তু অণু অবিভাজ্য নয়। অণুকে ভাগ করিলে উহা হইতে একই প্রকারের কিংবা বিভিন্ন প্রকারের পরমাণু পাওয়া যায়। সুতরাং $\frac{1}{2}$ অণুর অস্তিত্ব সম্ভব। যদি হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণুতে দুইটি করিয়া পরমাণু থাকে তাহা হইলে তাহাদের $\frac{1}{2}$ অণু = 1 পরমাণু। চিত্রের সাহায্যে প্রকল্পটি আরও সহজে বুঝা যাইতে পারে। মনে করা যাক, পরপৃষ্ঠার চিত্রের প্রতিটি ঘনকে

সম আয়তন গ্যাস আছে, এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে উহাতে সমান সংখ্যক অণু আছে। ধরা যাক, একই চাপ ও উষ্ণতায় এক আয়তন গ্যাসে চারিটি অণু বর্তমান। এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন মিলিয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস হয়। অতএব, $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

১ আয়তন হাইড্রোজেন ১ আয়তন ক্লোরিন ২ আয়তন হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড

সেইরূপ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, এক আয়তন নাইট্রোজেন তিন আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় দুই আয়তন এ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$

১ আয়তন নাইট্রোজেন ৩ আয়তন হাইড্রোজেন ২ আয়তন এ্যামোনিয়া গ্যাস

উপরিবর্ণিত আলোচনা হইতে বুঝা যাইতেছে যে, গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়াতে বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির আয়তন এবং বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন সমান নাও হইতে পারে। কিন্তু সকল গ্যাসীয় পদার্থের সম-আয়তনে অণু সংখ্যা সমান হইবে।

এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প ও গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র (Avogadro's Hypothesis and Gay-Lussac's Law of Gaseous Volume) :— এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রটি অতি সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়। যেমন—

মনে করা যাক, A গ্যাসের p সংখ্যক অণু B গ্যাসের q সংখ্যক অণুর সহিত মিলিত হইয়া AB একটি যৌগ উৎপন্ন করে। p ও q উভয়েই পূর্ণ সংখ্যা এবং ছোট। এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে যদি মনে করা যায়, নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে 1c.c. সকল গ্যাসেই n সংখ্যক অণু আছে, তাহা হইলে. A-র p সংখ্যক অণু $\frac{p}{n}$c.c. আয়তনে A

গ্যাসের মধ্যে আছে ; এবং B-র q সংখ্যক অণু $\frac{q}{n}$ c.c. আয়তনের B গ্যাসের মধ্যে আছে। সুতরাং বিক্রিয়ক গ্যাস দুইটির আয়তন যথাক্রমে $\frac{p}{n}$ ও $\frac{q}{n}$ এবং তাহাদের আয়তনের অনুপাত p : q ; p ও q উভয়ই ছোট পূর্ণ সংখ্যা। সুতরাং p : q একটি সরল অনুপাত। অতএব A ও B আয়তনের সরল অনুপাতে মিলিত হইবে। ইহা হইতে বুঝা যায়, বিক্রিয়ার সময় গ্যাসীয় পদার্থ সমূহের আয়তনের অনুপাত সরল থাকে। ইহাই গে-লুসাকের **গ্যাসায়তন সূত্র**।

*** এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প ও ডালটনের পরমাণুবাদ (Avogadro's Hypothesis and Dalton's Atomic Theory)** :—এ্যাভোগাড্রোর অণুকল্পনা গ্রহণের পর ডালটনের পরমাণুবাদ সংশোধিত হইয়া নূতনরূপে প্রকাশিত হইয়াছে। এই নূতন রূপটিকে **অণুবাদ** (**Molecular Theory**) বলা যাইতে পারে। ডালটনের পরমাণুবাদ সংশোধিত হইয়া যে রূপে প্রকাশিত হয় তাহা এইরূপ—

(১) পদার্থ মাত্রই, মৌলিক বা যৌগিক, স্বাধীন সত্ত্বাবিশিষ্ট কণার সমষ্টি। এই এই কণাকে অণু বলা হয়। এই অণুকণাগুলি অবিভাজ্য পরমাণু কণার সমবায়ে গঠিত।

(২) অণুকণার গঠন দুইভাবে হয়। একই রকম মৌলিক পদার্থের পরমাণুদ্বারা গঠিত অণুকে মৌলিক অণু (elementary molecule) এবং বিভিন্ন মৌলের পরমাণু দ্বারা গঠিত অণুকে যৌগিক অণু (compound molecule) বলা হয়।

(৩) একই রকম পদার্থের মৌলিক বা যৌগিক, সকল অণুকণাগুলি ধর্মে, স্বভাবে ও ওজনে একই রকম। বিভিন্ন পদার্থের অণুকণাগুলি ধর্মে, স্বভাবে ও ওজনে বিভিন্ন।

(৪) দুই বা ততোধিক পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিলে, প্রথমে অণুকণার জোটবন্ধন ভাঙ্গিয়া গিয়া পরমাণুরূপে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় ; পরে ঐ পরমাণুগুলি নির্দিষ্ট অনুপাতে পরস্পরের সহিত নূতনভাবে সংযুক্ত হইয়া নূতন অণু গঠন করে।

এ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগ (Application of Avogadro's Hypothesis) :—এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া নিম্নলিখিত বিষয়গুলি প্রমাণ করা যায়—

(১) হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি গ্যাসীয় পদার্থের অণু দ্বি-পরমাণুক ; অর্থাৎ এই গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলি দুইটি করিয়া পরমাণুদ্বারা গঠিত।

---

* পাঠ্যবিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে। কারিগরি (technical) বিভাগের ছাত্রদের জন্য দেওয়া হইল।

(২) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব (**Molecular Weight**) উহার বাষ্প ঘনত্বের (**Density**) দ্বিগুণ।

(৩) বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থের সংযোগে যে সকল পদার্থ উৎপন্ন হয়, আয়তনের অনুপাত হইতে উহাদের আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়।

(৪) নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম অণু পরিমাণ যে-কোন পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় আয়তন একই হইবে।

(৫) মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

হাইড্রোজেন-অণু দ্বি-পরমাণুক (Hydrogen molecule is di-atomic) ঃ—প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায়—

1 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন ক্লোরিন সংযুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

অথবা, 1 c.c. হাইড্রোজেন ও 1 c.c. ক্লোরিন সংযোগে 2 c.c. হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে, ধরা যাক, সমচাপ ও তাপে সমআয়তন সকল গ্যাসেই n সংখ্যক অণু আছে। তাহা হইলে,

n অণু হাইড্রোজেন + n অণু ক্লোরিন = 2n অণু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস,

বা 1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিন = 2 অণু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস,

অর্থাৎ $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন = 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস।

ডালটনের মতানুসারে হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস শুধু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত। সুতরাং একটি হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস অণুতে অন্ততঃ একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু থাকিবে; তাহা হইলে দুইটি হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস অণুতে অন্ততঃ দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও দুইটি ক্লোরিন পরমাণু থাকিবে। এই দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও দুইটি ক্লোরিন পরমাণু নিশ্চয়ই উপরিবর্ণিত এক অণু হাইড্রোজেন ও এক অণু ক্লোরিন হইতে পাওয়া যাইবে। অতএব হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন অণু অন্ততঃ দুইটি পরমাণুর সমষ্টি। অর্থাৎ হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন অণু **দ্বি-পরমাণুক**।

আরও দেখা যায় যে, প্রত্যেক এ্যাসিডের অণুতে এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। এই হাইড্রোজেন পরমাণু অন্যান্য ধাতুর পরমাণুর দ্বারা প্রতিস্থাপনীয়

(replaceable)। সোডিয়াম বা পটাশিয়াম ধাতুর যোজ্যতা এক, অর্থাৎ একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি সোডিয়াম পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত (replaced) হইতে পারে। কাজেই এ্যাসিডের অণুতে যতগুলি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিবে ততগুলি বিভিন্ন লবণ উৎপন্ন হইবে। যেমন, সালফিউরিক এ্যাসিডের (H_2SO_4) অণুতে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। সুতরাং সোডিয়াম ধাতুর দ্বারা হাইড্রোজেন পরমাণু দুইটি পর পর প্রতিস্থাপিত হইলে দুইটি বিভিন্ন লবণ $NaHSO_4$, Na_2SO_4 পাওয়া যায়। সেইরূপ ফসফরিক এ্যাসিডে (H_3PO_4) তিনটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। সুতরাং হাইড্রোজেন পরমাণু তিনটি পর পর প্রতিস্থাপিত হইলে তিনটি বিভিন্ন লবণ NaH_2PO_4, Na_2HPO_4, Na_3PO_4 পাওয়া যায়।

কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের (HCl) সহিত সোডিয়ামের বিক্রিয়ার ফলে একটি মাত্র লবণ NaCl পাওয়া যায়। অর্থাৎ হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের অণুর হাইড্রোজেন পরমাণু সোডিয়াম দ্বারা মাত্র একবার প্রতিস্থাপিত হয়। সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড অণুতে একটি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে যে, $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন হইতে 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস পাওয়া যায়। আবার 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে একটি পরমাণু হাইড্রোজেন আছে।

সুতরাং হাইড্রোজেনের $\frac{1}{2}$ অণু = 1 পরমাণু বা 1 অণু = 2 পরমাণু

অতএব হাইড্রোজেন অণু **দ্বি-পরমাণুক** (di-atomic)। অনুরূপভাবে সিদ্ধান্ত করা যায় যে, ক্লোরিন অণু দ্বি-পরমাণুক। সুতরাং হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংকেত (formula) লেখা হয় H_2 ও Cl_2।

অক্সিজেন-অণু দ্বি-পরমাণুক (Oxygen molecule is di-atomic) :— পরীক্ষার ফলে পাওয়া যায় 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হইয়া 2 আয়তন স্টীম উৎপন্ন করে।

অথবা, 2 c.c. হাইড্রোজেন ও 1 c.c. অক্সিজেন যুক্ত হইয়া 2 c.c. স্টীম উৎপন্ন করে।

এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে ধরা যাক, সমচাপ ও তাপে 1 c.c. গ্যাসে n সংখ্যক অণু আছে।

তাহা হইলে 2n অণু হাইড্রোজেন + n অণু অক্সিজেন = 2n অণু স্টীম হয়।

বা, 2 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু অক্সিজেন = 2 অণু স্টীম হয়।

বা, 1 অণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন = 1 অণু স্টীম হয়।

ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে 'স্টীমের' একটি অণুতে অন্ততঃ একটি অক্সিজেন পরমাণু থাকিবে। এই পরমাণুটি নিশ্চয়ই $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন হইতে পাওয়া যায়। সুতরাং অক্সিজেন অণুতে অন্ততঃ দুইটি পরমাণু আছে। স্টীমের অণু হইতে অক্সিজেনকে, ক্লোরিন দ্বারা, একবার মাত্র প্রতিস্থাপন করা যায়, অতএব নিশ্চিত সিদ্ধান্ত করা যায় যে, স্টীমের একটি অণুর মধ্যে, একটিমাত্র অক্সিজেন পরমাণু আছে। অতএব অক্সিজেন অণু **দ্বি-পরমাণুক** (di-atomic) এবং ইহার আণবিক সংকেত (molecular formula) O_2।

এইরূপ নানা পরীক্ষা ও যুক্তির সাহায্যে প্রমাণ করা যায় যে, **অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও ক্লোরিন প্রভৃতি মৌল গ্যাসবর্গের** (ওজোন ও নিষ্ক্রিয় গ্যাসবর্গ ব্যতীত) **অণুগুলি দ্বি-পরমাণুক** (di-atomic)। অণুতে পরমাণুর সংখ্যাকে Atomicity বলা হয়।

গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব উহার বাষ্প ঘনত্বের দ্বিগুণ (Molecular weight of any gas is twice its Vapour Density) :—পদার্থের **আণবিক গুরুত্ব** (Molecular weight) বলিতে সেই পদার্থের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা যতগুণ ভারী তাহা বুঝায়।

পদার্থের **ঘনত্ব** (Density) বলিতে পদার্থের একক আয়তনের ওজনকে বুঝায়। অর্থাৎ 1 c.c. পদার্থের যাহা ওজন তাহাই বুঝায়। কিন্তু 1 c.c. গ্যাসের ওজন অতি সামান্য। সেইজন্য গ্যাসের বেলায় 1 c.c. পরিবর্তে এক লিটার বা 1000 c.c. পরিমাণ ধরা হয়। অর্থাৎ 1000 c.c. গ্যাসের ওজনকে উহার ঘনত্ব ধরা হয়। গ্যাসের এরূপ ঘনত্বকে **প্রমাণ ঘনত্ব (Normal Density)** বলে।

সাধারণতঃ গ্যাসের ঘনত্ব আপেক্ষিকে মাপা হয় এবং ইহাকে **আপেক্ষিক ঘনত্ব** বা **বাষ্প ঘনত্ব (Relative Density** or **Vapour Density)** বলা হয়। গ্যাসের ঘনত্ব বলিতে **একই চাপ ও উষ্ণতায় সমআয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা যতগুণ ভারী তাহাই বুঝায়।** সুতরাং

$$\text{বাষ্প ঘনত্ব (Vapour Density)} = \frac{x \text{ c.c. গ্যাসের ওজন}}{x \text{ c.c. হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে ধরা যাক সম চাপ ও উষ্ণতায় x c.c. গ্যাসে n সংখ্যক অণু আছে। তাহা হইলে x c.c. হাইড্রোজেনেও n সংখ্যক অণু থাকিবে।

অতএব,

$$\text{বাষ্প ঘনত্ব } D = \frac{\text{গ্যাসের n সংখ্যক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের n সংখ্যক অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{n \times 1 \text{ অণু গ্যাসের ওজন}}{n \times 1 \text{ অণু হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \frac{1 \text{ অণু গ্যাসের ওজন}}{1 \text{ অণু হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \frac{1 \text{ অণু গ্যাসের ওজন}}{2 \text{ পরমাণু হাইড্রোজেনের ওজন}} \left[\begin{matrix} \text{কারণ হাইড্রোজেন} \\ \text{অণু দ্বিপরমাণুক} \end{matrix} \right]$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1 \text{ অণু গ্যাসের ওজন}}{1 \text{ পরমাণু হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$\text{বা } 2 \times D = \frac{1 \text{ অণু গ্যাসের ওজন}}{1 \text{পরমাণু হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

= গ্যাসের আনবিক গুরুত্ব [হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন = 1]

অর্থাৎ যদি কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব M হয় তাহা হইলে M = 2D (2 × গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব) বা $D = \frac{M}{2}$

$$\text{আবার } D = \frac{\text{প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে নির্দিষ্ট আয়তন গ্যাসের ওজন}}{\text{প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \frac{\text{প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \frac{\text{প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক লিটার গ্যাসের ওজন}}{\cdot 08986 \text{ গ্রাম}}$$

অতএব প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক লিটার গ্যাসের ওজন = ইহার বাষ্প ঘনত্ব × ·08986 গ্রাম।

একই উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন একই হইবে (1 gram molecule of any gas will occupy the same volume under the same conditions of temperature and pressure) :—পদার্থের আণবিক গুরুত্বকে গ্রামে প্রকাশ করিলে যে ওজন হয়, সেই ওজনকে এক **গ্রাম-অণু (gram-molecule)** বলা হয়। যেমন, জলের আণবিক গুরুত্ব 18, অতএব এক গ্রাম অণু জল বলিলে 18 গ্রাম জল বুঝায়

১। পারমাণবিক গুরুত্বের পরিমাপে হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর গুরুত্বকে ১ক ধরা হয়। যেহেতু হাইড্রোজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক, অতএব হাইড্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব = 2, ধরা যাক একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন (absolute weight) a গ্রাম, তাহা হইলে একটি হাইড্রোজেনের অণুর ওজন = 2 a গ্রাম।

অতএব 1 গ্রাম অণু হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা $= \frac{2 \text{ গ্রাম}}{2a \text{গ্রাম}} = \frac{1}{a}$

২। পরীক্ষার ফলে দেখা গিয়াছে স্টীমের ঘনত্ব = 9

সুতরাং স্টীমের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 9 = 18$

অর্থাৎ স্টীমের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা 18 গুণ ভারী।

অতএব স্টীমে একটি অণুর প্রকৃত ওজন = 18a গ্রাম

∴ 1 গ্রাম অণু স্টীমে অণুর সংখ্যা $= \frac{18 \text{গ্রাম}}{18a \text{ গ্রাম}} = \frac{1}{a}$

৩। পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব = 22 অতএব কাবন ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 22 = 44$ অর্থাৎ কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা 44 গুণ ভারী।

অতএব কার্বন ডাই-অক্সাইডে একটি অণুর প্রকৃত ওজন = 44a গ্রাম

∴ 1 গ্রাম অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে অণুর সংখ্যা $= \frac{44 \text{ গ্রাম}}{44a \text{ গ্রাম}} = \frac{1}{a}$

১, ২, ও ৩ হইতে দেখা যাইতেছে যে, যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের **এক গ্রাম অণুতে অণুর সংখ্যা একই হইবে।** যেহেতু একগ্রাম অণু গ্যাসীয় পদার্থে একই সংখ্যক অণু আছে, এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী এক গ্রাম অণুর আয়তনও একই হইবে। অতএব **একই উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম অণু পরিমাণ যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন একই হইবে।**

এক গ্রাম অণুতে যত সংখ্যক অণু আছে তাহাকে **এ্যাভোগাড্রো সংখ্যা** (**Avogadro's number**) বলে। নানা পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে এই সংখ্যার পরিমাণ $6 \cdot 06 \times 10^{23}$ হয়।

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার (Gram molecular weight of any gas occupies 22·4 litres at N.T.P.) :—

১। হাইড্রোজেনের এক গ্রাম অণু বা গ্রাম আণবিক ওজন (gram molecular weight) = 2 গ্রাম

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (N.T.P.) হাইড্রোজেনের ঘনত্ব = ·00009 গ্রাম প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে

∴ প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম অণু হাইড্রোজেনের আয়তন $= \frac{2}{\cdot 00009}$ c.c.

$= 22222$ c.c. $= 22\cdot 2$ লিটার

২। স্টীমের ঘনত্ব = 9, এবং স্টীমের এক গ্রাম অণু = 18 গ্রাম

অতএব প্রমাণ অবস্থায় স্টীমের ঘনত্ব = 9 × ·00009 গ্রাম

∴ প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম অণু স্টীমের আয়তন $= \frac{18}{9 \times \cdot 00009}$ c. c.

$= \frac{2}{\cdot 00009} = 22\cdot 2$ লিটার

অতএব প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম অণুর আয়তন হইবে **22·2** লিটার।

উপরবর্ণিত হিসাবে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্বকে 1 ধরা হইয়াছে। সেই হিসাবে অক্‌সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 15·88 হইবে। এখন যদি অক্‌সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্বকে 16 ধরিয়া হিসাব করা যায় তাহা হইলে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব $\frac{16}{15\cdot 88} = 1\cdot 008$ হইবে। এই হিসাবে এক গ্রাম অণু হাইড্রোজেনের আয়তন $= \frac{2\cdot 016}{\cdot 00009} = 22\cdot 4$ লিটার।

বিকল্প প্রমাণ (alternative proof)—হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্বকে 1 ধরিয়া পূর্বে প্রমাণ করা হইয়াছে যে, কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব = 2 × উহার বাষ্প ঘনত্ব ; অর্থাৎ $M = 2 \times D$

এখন অক্‌সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্বকে 16 ধরিয়া হিসাব করিলে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1·008 হইবে। সুতরাং সেই হিসাবে $M = 2\cdot 016 \times D$। এখন বাষ্প ঘনত্বের সূত্র অনুযায়ী—

$$D = \frac{\text{1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \frac{\text{1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\cdot 09 \text{ গ্রাম}}$$

[এক লিটার হাইড্রোজেনের N. T. P. তে ওজন = ·08986 গ্রাম বা ·09 গ্রাম (প্রায়)]

সুতরাং N. T. P. তে এক লিটার গ্যাসের ওজন = D × ·09 গ্রাম

$= \frac{M}{2\cdot 016} \times \cdot 09$ গ্রাম

অতএব $\left(\frac{M}{2\cdot016} \times \cdot09\right)$ গ্রাম গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন N. T. P. তে 1 লিটার

সুতরাং M গ্রাম গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন N. T. P. তে $\frac{2\cdot016 \times 1}{\cdot09}$ লিটার =

22·4 লিটার

M = যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম আণবিক ওজন।

সুতরাং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার আয়তন বিশিষ্ট যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের ওজন উহার এক গ্রাম অণুর সমান, এবং সেই সংখ্যাটি গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব। অতএব দেখা যাইতেছে এক গ্রাম অণু পরিমাণ যে কোন গ্যাসের আয়তন N. T. P. তে 22·4 লিটার এবং এই আয়তনকে **গ্রাম আণবিক আয়তন** (**gram molecular volume**) বা **মোলার আয়তন** (**molar volume**) বলা হয়।

আয়তনিক সংযুতি হইতে যৌগিক গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সংকেত নির্ণয় (Establishment of Molecular Formula of a Compound gas from its volumetric Composition)ঃ—কোন একটি যৌগিক গ্যাসীয় পদার্থে মৌলিক উপাদানগুলি কি আয়তনে পরস্পর সংযুক্ত হয় জানা থাকিলে এবং গ্যাসীয় পদার্থটির বাষ্প ঘনত্ব জানা থাকিলে উহার আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়। নীচে বর্ণিত উদাহরণগুলি হইতে সহজেই ইহা বুঝা যাইবে।

বাষ্পের আণবিক সংকেত—পরীক্ষার দ্বারা জানা যায়—2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন পরস্পর যুক্ত হইয়া 2 আয়তন জলীয় বাষ্প গঠন করে। অর্থাৎ 2 c. c. জলীয় বাষ্প গঠন করিতে 2 c. c. হাইড্রোজেন + 1 c. c. অক্সিজেন প্রয়োজন। এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে ধরা যাক সমচাপ ও তাপে 1 c.c. পরিমাণ সকল গ্যাসেই n সংখ্যক অণু আছে। তাহা হইলে 2 c. c. জলীয় বাষ্পে 2n সংখ্যক অণু আছে। সুতরাং

2n অণু বাষ্প গঠনের জন্য 2n অণু হাইড্রোজেন + n অণু অক্সিজেন প্রয়োজন।

বা 2 অণু বাষ্প গঠনের জন্য 2 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু অক্সিজেন প্রয়োজন,

বা 1 অণু বাষ্প গঠনের জন্য 1 অণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন প্রয়োজন,

বা 1 অণু বাষ্প গঠনের জন্য 2 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু অক্সিজেন প্রয়োজন ;

[কারণ অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন অণু দুইটি পরমাণু দ্বারা গঠিত।]

অতএব জলীয় বাষ্পের আণবিক সংকেত = H_2O

নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক সংকেত—পরীক্ষার দ্বারা জানা যায়, 2 আয়তন নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করিতে 1 আয়তন নাইট্রোজেনের প্রয়োজন হয়। অর্থাৎ

2 c.c. নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করিতে 1 c.c. নাইট্রোজেনের প্রয়োজন। এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে ধরা যাক সমচাপ ও তাপে 1 c.c. সকল গ্যাসেই n সংখ্যক অণু আছে। তাহা হইলে 2 c.c. নাইট্রিক অক্সাইডে 2n সংখ্যক অণু আছে।
সুতরাং 2n অণু নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করিতে n অণু নাইট্রোজেনের প্রয়োজন,
বা 2 অণু নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করিতে 1 অণু নাইট্রোজেনের প্রয়োজন,
বা 1 অণু নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করিতে $\frac{1}{2}$ অণু নাইট্রোজেনের প্রয়োজন,
বা 1 অণু নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করিতে 1 পরমাণু নাইট্রোজেনের প্রয়োজন,
[কারণ নাইট্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক]

মনে করা যাক নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে x সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণু আছে। তাহা হইলে নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক সংকেত হইবে NO_x। বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়, নাইট্রিক অক্সাইডের বাষ্প ঘনত্ব = 15 সুতরাং নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 15 = 30$

অতএব $NO_x = 30$

বা $14 + 16 \times x = 30$ বা, $16x = 30 - 14 = 16$ বা, $x = 1$

সুতরাং নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক সংকেত = NO

এ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত—পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোগে এ্যামোনিয়া গঠিত হয়। আবার এ্যামোনিয়া গ্যাসকে বিয়োজিত (decompose) করিলে 2 আয়তন এ্যামোনিয়া হইতে 1 আয়তন নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। সুতরাং 2 c.c. এ্যামোনিয়া গঠিত হইতে 1 c.c. নাইট্রোজেনর প্রয়োজন। এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে ধরা যাক, সমচাপে ও তাপে 1 c.c. সকল গ্যাসে n সংখ্যক অণু আছে। তাহা হইলে 2 c.c. এ্যামোনিয়াতে 2n সংখ্যক অণু আছে।

সুতরাং 2n অণু এ্যামোনিয়া গঠিত হইতে n অণু নাইট্রোজেনের প্রয়োজন,
বা 2 অণু এ্যামোনিয়া গঠন করিতে 1 অণু নাইট্রোজেনের প্রয়োজন,
বা 1 অণু এ্যামোনিয়া গঠন করিতে $\frac{1}{2}$ অণু নাইট্রোজেনের প্রয়োজন,
বা 1 অণু এ্যামোনিয়া গঠন করিতে 1 পরমাণু নাইট্রোজেনের প্রয়োজন,
[কারণ নাইট্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক]

ধরা যাক 1 অণু এ্যামোনিয়াতে x সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। তাহা হইলে এ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত হইবে NHx।

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়, এ্যামোনিয়ার বাষ্প ঘনত্ব $= 8.5$

অতএব এ্যামোনিয়ার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 8.5 = 17$ সুতরাং

$NHx = 17$ বা, $14 + 1 \times x = 17$ বা, $x = 17 - 14 = 3$ $\therefore x = 3$

অতএব এ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত $= NH_3$

† মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of atomic weight of elements) :—মৌলিক পদার্থগুলি একই রকম পরমাণু সমবায়ে গঠিত এবং পরমাণুগুলি অবিভাজ্য। সুতরাং একটি মৌলিক পদার্থ অন্যান্য মৌলিক পদার্থের সহিত মিলিত হইয়া যখন বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ গঠন করে তখন সেই বিভিন্ন যৌগিক পদার্থে মৌলিক পদার্থ টির কমপক্ষে একটি পরমাণু অবশ্যই থাকিবে। যৌগিক পদার্থের মধ্যে মৌলিক পদার্থটির পরমাণুর সংখ্যা কোন ক্রমেই একটির কম থাকিবে না। এই সত্যের উপর নির্ভর করিয়া এ্যাভোগাড্রোর ছাত্র **ক্যানিজারো** (**Cannizzaro**) মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করেন। তাঁহার মতে **একটি মৌলিক পদার্থ দ্বারা রচিত বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্বের মধ্যে মৌলিক পদার্থটির যে ন্যুনতম পরিমান পাওয়া যায় তাহাকেই উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বলা হয়।** সুতরাং কোন মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি করা প্রয়োজন—

১। প্রথমতঃ যে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে, সেই মৌলিক পদার্থদ্বারা রচিত কতকগুলি গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী (volatile) যৌগিক পদার্থ লইতে হইবে ;

২। দ্বিতীয়তঃ প্রত্যেকটি যৌগিক বা উদ্বায়ী পদার্থের বাষ্প ঘনত্ব নির্ণয় করিয়া উহাদের আণবিক গুরুত্ব বা গ্রাম-অণু নির্ণয় করিতে হইবে ;

৩। তৃতীয়তঃ যৌগিক পদার্থগুলি বিশ্লেষণ (analysis) করিয়া মৌলগুলির শতকরা হার (Percentage Composition) নির্ধারণ করিতে হইবে। অতঃপর একগ্রাম-অণু পরিমাণ যৌগিক পদার্থে মৌলিক পদার্থটি কত পরিমাণ আছে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে ;

৪। চতুর্থতঃ বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ এইভাবে বিশ্লেষণের পর মৌলিক পদার্থটির যে ন্যূনতম পরিমাণ পাওয়া যাইবে তাহাকেই উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বলা হইবে।

† পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের অন্যান্য পদ্ধতি মধ্যশিক্ষা রসায়ন ৩য় খণ্ডে দ্রষ্টব্য।

কারণ, উহা অপেক্ষা কম পরিমাণ অংশ কোন যৌগিক পদার্থে থাকিতে পারে না এবং একটি অপেক্ষা কম সংখ্যক পরমাণুও কোন যৌগিক পদার্থে থাকিতে পারে না।

নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়—নাইট্রোজেনের বিভিন্ন যৌগ বিশ্লেষণ করিয়া পাওয়া যায়—

নাইট্রোজেনের যৌগ	বাষ্প ঘনত্ব	আণবিক গুরুত্ব	নাইট্রোজেনের শতকরা হার	একগ্রাম-অণু যৌগে নাইট্রোজেনের পরিমাণ
এ্যামোনিয়া (NH_3)	8 5	17	82 3	17 × ·823 = 14
নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O)	22	44	63 6	44 × 636 = 28 = 14 × 2
নাইট্রিক অক্সাইড (NO)	15	30	46 6	30 × ·466 = 14
নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড (N_2O_3)	38	76	36·8	76 × ·368 = 28 = 14 × 2
নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড (N_2O_4)	46	92	30·4	92 × ·304 = 28 = 14 × 2

অতএব দেখা যাইতেছে, নাইট্রোজেনের যে-কোন যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্বে 14 ভাগ বা উহার কোন সরল গুণাঙ্ক (simple multiple) ভাগ নাইট্রোজেন আছে। এমন কোন নাইট্রোজেনের যৌগিক পদার্থ পাওয়া যায় নাই যাহার একগ্রাম-অণুতে 14 ভাগের কম নাইট্রোজেন আছে এবং কোনও যৌগিক পদার্থে একটি অপেক্ষা কম পরমাণু থাকিতে পারে না। অতএব নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 14 হইবে।

কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়—কার্বনের বিভিন্ন যৌগ বিশ্লেষণ করিয়া পাওয়া যায়—

কার্বনের যৌগ	বাষ্প ঘনত্ব	আণবিক গুরুত্ব	কার্বনের শতকরা হার	একগ্রাম-অণু যৌগে কার্বনের পরিমাণ
কার্বন মনোক্সাইড (CO)	14	28	42 8	28 × ·428 = 12
কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	22	44	27 3	44 × ·273 = 12
মিথেন (CH_4)	8	16	75	16 × 75 = 12
ইথেন (C_2H_6)	15	30	80	30 × 80 = 24 = 12 × 2

অতএব দেখা যাইতেছে যে, কার্বনের যে-কোন যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্বে 12 ভাগ কার্বন বা উহার কোন সরল গুণাঙ্ক (simple multiple) ভাগ কার্বন আছে। অতএব কার্বনের বিভিন্ন যৌগে কার্বনের ন্যূনতম পরিমাণ 12, সুতরাং কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব 12 হইবে।

গাণিতিক উদাহরণ :

১। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 800 c. c. কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ওজন নির্ণয় কর।

উত্তর :—প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ওজন = কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প ঘনত্ব × ·09

কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) আণবিক গুরুত্ব $= 12 + 2 \times 16 = 44$

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প ঘনত্ব $= \frac{44}{2} = 22$

অতএব 1000 c. c. কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় ওজন $= 22 \times ·09$ গ্রাম

∴ 800 c. c. " " " "

$= \frac{22 \times ·09 \times 800}{1000}$ গ্রাম $= 1·584$ গ্রাম।

২। কোন একটি গ্যাসের ঘনত্ব 22 ; সেই গ্যাসের 11 গ্রাম 27°C ও 500 mm. চাপে আয়তন কত হইবে ?

উত্তর—গ্যাসের ঘনত্ব = 22

সুতরাং গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 22 = 44$ গ্রাম

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 44 গ্রাম গ্যাসের আয়তন = 22·4 লিটার

∴ " " 11 গ্রাম " " $= \frac{22·4}{44} \times 11 = 5·6$ লিটার

ধরা যাক, 27°C ও 500 mm. চাপে গ্যাসটির আয়তন V_2 c.c., তাহা হইলে গ্যাস সমীকরণ অনুযায়ী—

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \quad \text{বা} \quad \frac{760 \times 5·6}{273+0} = \frac{500 \times V_2}{273+27}$$

$$\therefore \quad V_2 = \frac{760 \times 5·6 \times 300}{273 \times 500} \text{ লিটার} = 9·35 \text{ লিটার।}$$

৩। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 100c.c. গ্যাসের ওজন = ·144 গ্রাম। গ্যাসটির গ্রাম আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

উত্তর—প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1000 c. c. যে-কোন গ্যাসের ওজন

$= \frac{M}{2} \times ·09$ গ্রাম। [M = গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব]

সুতরাং " " " 100 c. c. " " $= \frac{M \times ·09 \times 100}{2 \times 1000}$ গ্রাম

কিন্তু প্রশ্ন অনুযায়ী প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 100 c.c. গ্যাসের ওজন = ·144 গ্রাম

অতএব $\frac{M}{2} \times \frac{\cdot 09 \times 100}{1000} = \cdot 144$ বা $M = \frac{\cdot 144 \times 2 \times 1000}{\cdot 09 \times 100} = 32$ গ্রাম।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. Explain the law of gaseous volumes and illustrate it by experiment. Show how Avogadro's hypothesis explains Gay-Lussac's Law.

[গ্যাসায়তন সূত্রটি ব্যাখ্যা কর এবং উহার প্রমাণরূপে পরীক্ষা বর্ণনা কর। এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে গে-লুসাকের সূত্র কিরূপে ব্যাখ্যা করিবে ?]

2. Is there any relationship between volumes of reacting gases ? Explain the relationship with the help of examples. Can you explain the relationship with the help of any particular hypothesis ?

[বিক্রিয়াকারী গ্যাসসমূহের পরস্পরের আয়তনের সহিত কোন সম্পর্ক আছে কি ? উদাহরণ দ্বারা উহা বুঝাইয়া দাও। কোন বিশেষ প্রকল্পের সাহায্যে এই সম্পর্কটি ব্যাখ্যা করিতে পার কি ?]

3. Explain and illustrate Gay-Lussac's law of gaseous volumes and show how it has led to the distinction between atoms and molecules.

[উদাহরণসহ গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। ইহা কিরূপে অণু ও পরমাণুর পার্থক্য নির্ণয়ে সাহায্য করিয়াছে দেখাও।]

4. Distinguish between atoms and molecules. How was Dalton's Atomic Theory modified by Molecular Theory ?

[অণু ও পরমাণুর পার্থক্য কি ? 'অণুবাদ' দ্বারা ডালটনের পরমাণুবাদ কি ভাবে সংশোধিত হয় ?]

5. State Dalton's Atomic Theory. Explain the chemical reaction $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$ with the help of the modified atomic theory.

[ডালটনের পরমাণুবাদটি ব্যাখ্যা কর। সংশোধিত পরমাণুবাদ দ্বারা $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$ রাসায়নিক বিক্রিয়াটি ব্যাখ্যা কর।]

6. What led Berzelius to correlate the law of gaseous volumes and atomic theory? Why did the hypothesis of Berzelius fail? Explain with example.

[কি কারণে বার্জেলিয়াস্ গ্যাসায়তন সূত্রের সহিত পরমাণুবাদের সম্বন্ধ নির্ণয়ে প্রয়াসী হইলেন? তাঁহার সিদ্ধান্তটি কার্যকরী হইল না কেন? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।]

7. Berzelius stated, "Equal volumes of all gases at the same temperature and prsesure contain the same number of atoms." The statement was found incompatible with Gay-Lussac's Law of Gaseous Volumes. Show how a correct interpretation was given by Avogadro.

[বার্জেলিয়াস বর্ণনা করেন, "সমচাপ ও তাপে, সম-আয়তন বিশিষ্ট সকল গ্যাসেই সমসংখ্যক পরমাণু থাকে।" উক্ত বর্ণনা গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের সহিত অসামঞ্জস্যপূর্ণ বলিযা প্রতিভাত হয়। এ্যাভোগাড্রো কিরূপে এই অসামঞ্জস্য দূর করিয়া প্রকৃত ব্যাখ্যা দেন—তাহা বর্ণনা কর।]

8. State Avogadro's hypothesis, and mention its important applications.

[এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পটি বর্ণনা কর এবং ইহার প্রধান প্রধান প্রয়োগগুলির উল্লেখ কর।]

9. Enunciate Avogadro's hypothesis and show how it leads to a clear interpretation of Gay-Lussac's Law of Gaseous Volumes.

[এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পটির সূত্রোল্লেখ কর। এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প দ্বারা কিভাবে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ব্যাখ্যা করা যায়?]

10. What is the difference between 'Normal Density' and 'Vapour Density'? Establish the relationship between Molecular Weight and Vapour Density of a gas. Why is the formula for chlorine written as Cl_2?

['প্রমাণ ঘনত্ব' ও 'বাষ্প ঘনত্বের' পার্থক্য কি? গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব ও বাষ্প ঘনত্বের মধ্যে সম্বন্ধ নির্ণয় কর। ক্লোরিনের আণবিক সংকেত Cl_2 লেখা হয় কেন?]

11. How would you prove the following [কিরূপে নিম্নলিখিতগুলি প্রমাণ করিবে]—

(i) Nitrogen and oxygen molecule contain two atoms each ; [নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন অণুতে দুইটি করিয়া পরমাণু আছে ;]

(ii) Molecular weight of any gas is twice its vapour density ; [গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব উহার বাষ্প ঘনত্বের দ্বিগুণ ;]

(iii) Gram molecular weight of any gas occupies 22·4 litres at N. T. P. [গ্রাম-অণু পরিমাণ প্রতিটি গ্যাসের আয়তন N. T. P. তে 22·4 লিটার।]

12. What evidences are usually put forward in support of the di-atomicity of the Hydrogen molecule ?

[হাইড্রোজেন গ্যাসের দ্বি-পরমাণুকত্বের সপক্ষে কি কি প্রমাণ দেওয়া যায় ?]

13. It has been found experimentally that (i) One volume of hydrogen combines with one volume of chlorine to form two volumes of hydrochloric acid gas, and (ii) One volume of nitrous oxide contains one volume of nitrogen. With the help of Avogadro's hypothesis establish the formula of hydrochloric acid gas and nitrous oxide.

[পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে (i) এক আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত এক আয়তন ক্লোরিন সংযুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস গঠন করে এবং (ii) এক আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে এক আয়তন নাইট্রোজেন আছে। এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাসের ও নাইট্রাস অক্সাইডের সংকেত নির্ণয় কর।]

14. Sulphur forms the following three compounds—Sulphur di-oxide, Sulphur tri-oxide and Hydrogen Sulphide. The vapour density of the gases are 32, 40 and 17 respectively. One atom of Sulphur is present in each compound. Calculate the probable atomic weight of Sulphur by Cannizzaro's method.

[সালফার—সালফার ডাই-অক্সাইড, সালফার ট্রাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন সালফাইড যৌগ গঠন করে ; যৌগগুলির বাষ্প ঘনত্ব যথাক্রমে 32, 40 ও 17 ; প্রতিটি যৌগে সালফারের একটি করিয়া পরমাণু আছে। ক্যানিজারো পদ্ধতির সাহায্যে সালফারের সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।]

15. 500 c.c. of a gas at N. T. P. weighs ·36 gram. Determine its vapour density.

[500 c.c. একটি গ্যাসের প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় ওজন ·36 গ্রাম। ইহার বাষ্প ঘনত্ব নির্ণয় কর।] [Ans. 8 gms.]

16. What will be the volume of 20 grams of a gas at 27°C and 700 mm. pressure ? Vapour density of the gas is 15.

[20 গ্রাম ওজন বিশিষ্ট একটি গ্যাসের 27°C উষ্ণতা ও 700 mm. চাপে আয়তন কত হইবে ? গ্যাসটির বাষ্প ঘনত্ব 15।] [Ans. 19·4 litres]

17. 1000 c.c. of a gas at 27°C and 750 mm. pressure weighs 1·25 grams. Determine the vapour density and gram molecular weight of the gas at N. T. P.

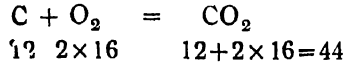
[1000 c.c. পরিমাণ একটি গ্যাসের 27°C উষ্ণতায় ও 750 mm. চাপে ওজন 1·25 গ্রাম। গ্যাসটির প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় বাষ্প ঘনত্ব ও গ্রাম আণবিক ওজন নির্ণয় কর।] [Ans. 15·4 ; 30·8 gms.]

৪

সমীকরণ হইতে ওজন সংক্রান্ত সরল গণনা

(Simple Calculation from Equations involving weights and weights)

কোন একটি রাসায়নিক পরিবর্তন সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করিলে, বিক্রিয়াকারী পদার্থগুলির কোন্‌টি কতখানি ওজনে প্রয়োজন এবং বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থটির ওজন কত হইবে তাহা জানা যায়। যেমন,

$$C + O_2 = CO_2$$
$$12 \quad 2\times16 \qquad 12+2\times16=44$$

এই সমীকরণ হইতে দেখা যাইতেছে যে, 12 ভাগ ওজনের কার্বনকে দহন করিতে 32 ভাগ ওজনের অক্‌সিজেন প্রয়োজন এবং দহনের ফলে 44 ভাগ ওজনের কার্বন ডাই-অক্‌সাইড উৎপন্ন হইবে। অথবা 44 ভাগ কার্বন ডাই-অক্‌সাইড উৎপন্ন করিতে 12 ভাগ ওজনের কার্বন প্রয়োজন। সমীকরণে বর্ণিত ওজনগুলির অনুপাত আপেক্ষিক এবং যে-কোন এককেই ওজনগুলি নির্দেশ করা হউক না কেন, অনুপাত একই থাকিবে। অতএব সমীকরণের সাহায্যে গণনা করিতে হইলে—

প্রথমতঃ সূত্রের সাহায্যে রাসায়নিক সমীকরণটি সঠিকভাবে লিখিতে হইবে ;

দ্বিতীয়তঃ সমীকরণে পদার্থের সংকেতের তলায় তাহাদের আণবিক গুরুত্বগুলি লিখিতে হইবে ;

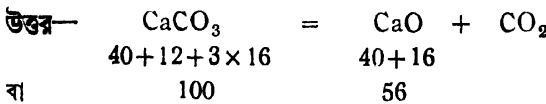
তৃতীয়তঃ আণবিক গুরুত্বের ওজনগুলির অনুপাত গণনার ক্ষেত্রে ব্যবহার করিতে হইবে।

উদাহরণ ঃ

১। 20 গ্রাম মার্বেল (marble) উত্তপ্ত করিলে কত পরিমাণ চূণ উৎপন্ন হইবে ?

উত্তর— $CaCO_3 = CaO + CO_2$

$40+12+3\times16 \qquad 40+16$

বা $\quad 100 \qquad 56$

অর্থাৎ 100 গ্রাম মার্বেল উত্তপ্ত করিলে 56 গ্রাম চূণ উৎপন্ন হইবে,

1 গ্রাম " " " $\frac{56}{100}$ গ্রাম " " "

20 গ্রাম " " " $\frac{56}{100}\times20$ গ্রাম

11·2 গ্রাম চূণ উৎপন্ন হইবে

২। 10 টন হিমাটাইট (Haematite) আকরিক হইতে কি পরিমাণ লৌহ পাওয়া যাইবে ?

উত্তর—হিমাটাইটের আণবিক সংকেত $= Fe_2O_3$

„ আণবিক ভার $= 2 \times 56 + 3 \times 16 = 160$

সুতরাং 160 টন হিমাটাইটে 112 টন লোহা আছে।

অতএব 10 টন „ $\frac{112}{160} \times 10 = 7$ টন লোহা পাওয়া যাইবে।

৩। এক কিলোগ্রাম ডলোমাইট (Dolomite) আকরিক উত্তপ্ত করিলে কি পরিমাণ ওজন হ্রাস হইবে ?

উত্তর—ডলোমাইটের আণবিক সংকেত $= CaCO_3, MgCO_3$

$$CaCO_3, MgCO_3 = CaO + MgO + 2\,CO_2$$

$40+12+3 \times 16+24+12+3 \times 16 \quad 40+16 \quad 24+16$

বা $100+84 \quad 56 \quad 40$

বা $184 \quad 96$

উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উড়িয়া যাওয়ার ফলে আকরিকের ওজনের হ্রাস হইবে।

সুতরাং 184 গ্রাম ডলোমাইট হইতে 96 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়,

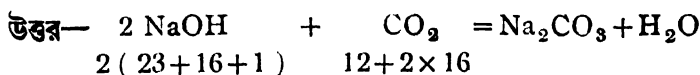
অতএব 1000 গ্রাম „ „ $\frac{96}{184} \times 1000$ গ্রাম „ „

$= 521 \cdot 7$ গ্রাম „ „ „

অতএব আকরিকের ওজনের হ্রাস $= (1000 - 521 \cdot 7) = 478 \cdot 3$ গ্রাম

৪। কি পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দ্বারা বিশ্লিষ্ট করিলে, উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড 20 গ্রাম কষ্টিক সোডাকে সোডিয়াম কার্বনেটে রূপান্তরিত করিবে ?

উত্তর— $2\,NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$

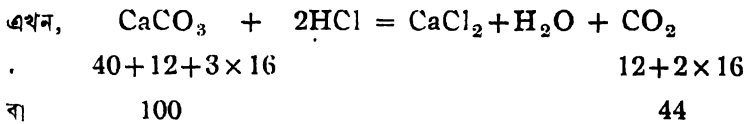
$2 (23+16+1) \quad 12+2 \times 16$

বা $80 \quad 44$

অর্থাৎ 80 গ্রাম কষ্টিক সোডাকে সোডিয়াম কার্বনেটে রূপান্তরিত করিতে 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন

অতএব 20 গ্রাম কষ্টিক সোডাকে সোডিয়াম কার্বনেটে রূপান্তরিত

করিতে $\frac{44}{80} \times 20 = 11$ গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন

এখন, $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$

$40+12+3\times16$ $12+2\times16$

বা 100 44

অর্থাৎ 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড 100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে পাওয়া যায়,

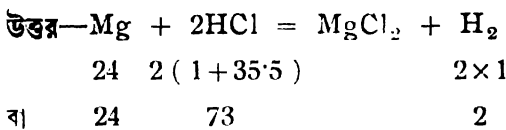
$\therefore$ 11 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড $\frac{100}{44}\times11=25$ গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে পাওয়া যায়।

অতএব ক্যালসিয়াম কার্বনেটের প্রয়োজন = 25 গ্রাম।

৫। 2·4 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত 14 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড মিশাইলে কত পরিমাণ হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে ?

উত্তর—$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$

24 $2(1+35·5)$ 2×1

বা 24 73 2

অর্থাৎ 24 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত 73 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের বিক্রিয়া হয়।

তাহা হইলে 2·4 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত 7·3 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের বিক্রিয়া হইবে। প্রশ্নানুসারে এ্যাসিডের পরিমাণ বেশী থাকিয়া যাইবে, অতএব ম্যাগনেসিয়ামের ওজন অনুসারে গণনা করিতে হইবে।

24 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হইতে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

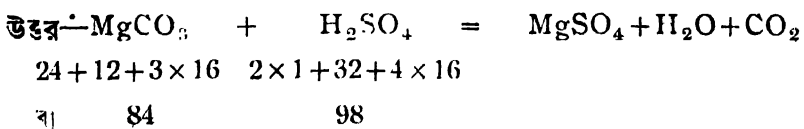
অতএব 2·4 গ্রাম „ „ $\frac{2}{24}\times2·4=·2$ গ্রাম

অতএব 2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে।

৬। 7 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে, উহার ওজনের দ্বিগুণ পরিমাণ লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড মিশ্রিত করা হইল। বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইবার পর দেখা গেল ·7 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট অদ্রবীভূত অবস্থায় রহিয়াছে। এ্যাসিডটির শক্তি শতকরা হিসাবে নির্ণয় কর।

উত্তর—$MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$

$24+12+3\times16$ $2\times1+32+4\times16$

বা 84 98

অতএব 84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট 98 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করে।

যেহেতু ·7 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট অদ্রবীভূত অবস্থায় আছে, অতএব $(7 - \cdot 7)$ বা 6·3 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় দ্রবীভূত হইয়াছে।

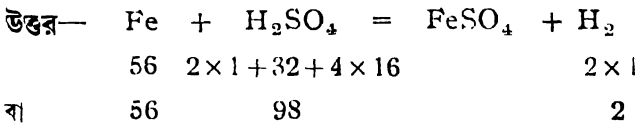
এখন 84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট 98 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে,

অতএব 6·3 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট $\frac{98}{84} \times 6{\cdot}3 = 7{\cdot}35$ গ্রাম এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে,

এখন, (7×2) বা 14 গ্রাম লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের মধ্যে 7·35 গ্রাম এ্যাসিড আছে।

$\therefore$ 100 গ্রাম " " " $\frac{7{\cdot}35}{14} \times 100$ গ্রাম " " $= 52{\cdot}5$ গ্রাম

সুতরাং লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের শতকরা পরিমাণ $= 52{\cdot}5\%$

৭। 19·6 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত 12 গ্রাম লৌহ মিশ্রিত করিলে কি পরিমাণ হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে ?

উত্তর— $Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$

$56 \quad 2 \times 1 + 32 + 4 \times 16 \quad\quad 2 \times 1$

বা $56 \quad 98 \quad 2$

অর্থাৎ 98 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিড 56 গ্রাম লৌহের সহিত বিক্রিয়া করে।

অতএব 19·6 গ্রাম " " $\frac{56}{98} \times 19{\cdot}6$ গ্রাম " " "

$= 11{\cdot}2$ গ্রাম লৌহের সহিত বিক্রিয়া করে।

সুতরাং সালফিউরিক এ্যাসিডের সমস্তটুকুই বিক্রিয়াতে পরিবর্তিত হইয়া যাইবে।

এখন, 98 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিড হইতে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

অতএব 19·6 গ্রাম " " " $\frac{2}{98} \times 19{\cdot}6$ গ্রাম " " "

$= \cdot 4$ গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে।

৮। KCl ও NaCl এর একটি মিশ্রণের ·9031 গ্রাম লইয়া, গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড দ্বারা উত্তপ্ত করিলে যে সালফেটগুলি পাওয়া যায়, উহাদের সম্মিলিত ওজন 1·0784 গ্রাম। মিশ্রণটির সংযুতি নির্ণয় কর। $(Na = 23, K = 39{\cdot}1, Cl = 35{\cdot}46)$

উত্তর—ধরা যাক, KCl এর ওজন = x গ্রাম

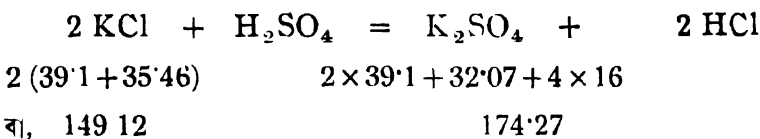
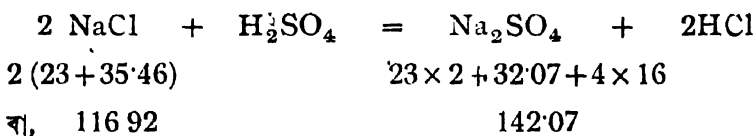
তাহা হইলে, NaCl এর ওজন = $(\cdot 9031 - x)$ গ্রাম

$$2\,NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

$2(23 + 35{\cdot}46)$ $\qquad$ $23 \times 2 + 32{\cdot}07 + 4 \times 16$

বা, 116 92 $\qquad$ 142·07

$$2\,KCl + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2\,HCl$$

$2(39{\cdot}1 + 35{\cdot}46)$ $\qquad$ $2 \times 39{\cdot}1 + 32{\cdot}07 + 4 \times 16$

বা, 149 12 $\qquad$ 174·27

অতএব 149·12 গ্রাম KCl হইতে সালফেট পাওয়া যায় 174·27 গ্রাম

x গ্রাম " " " " $\frac{174{\cdot}27}{149{\cdot}12} \times x$ গ্রাম

আবার, 116·92 গ্রাম NaCl হইতে সালফেট পাওয়া যায় 142·07 গ্রাম

$(\cdot 9031 - x)$ গ্রাম " " " " $\frac{142{\cdot}07}{116{\cdot}92} \times (\cdot 9031 - x)$ গ্রাম

কিন্তু প্রশ্নানুসারী Na_2SO_4 ও K_2SO_4 এর যুক্ত পরিমাণ = 1·0784 গ্রাম

তাহা হইলে, $\frac{174{\cdot}27x}{149{\cdot}12} + \frac{142{\cdot}07\,(\cdot 9031 - x)}{116{\cdot}92} = 1{\cdot}0784$

$\therefore\ x = \cdot 4091$ গ্রাম

অতএব KCl এর ওজন = ·4091 গ্রাম

$\therefore$ NaCl এর ওজন = $(\cdot 9031 - \cdot 4091) = \cdot 4940$ গ্রাম

এখন, 9031 গ্রাম মিশ্রণে NaCl আছে ·494 গ্রাম

$\therefore$ 100 গ্রাম " " " $\frac{\cdot 494}{\cdot 9031} \times 100$ গ্রাম = 54·7 গ্রাম

আবার, ·9031 গ্রাম মিশ্রণে KCl আছে ·4091 গ্রাম

$\therefore$ 100 গ্রাম " " " $\frac{\cdot 4091}{\cdot 9031} \times 100$ গ্রাম

= 45·3 গ্রাম

অতএব NaCl এর পরিমাণ = 54·7%

এবং KCl এর পরিমাণ = 45·3%

Questions (প্রশ্নমালা)

1. You are given 1 gm. of the following substances. You are asked to heat them strongly. Explain what would happen and state the alteration in weight in each case—

(a) Potassium Chlorate, (b) Magnesium and (c) Chalk.

[নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রত্যেকটি 1 গ্রাম করিয়া তোমাকে দেওয়া হইল এবং উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিতে বলা হইল। কি বিক্রিয়া ঘটিবে এবং ওজনের কি তারতম্য লক্ষিত হইবে বর্ণনা কর—(ক) পটাশিয়াম ক্লোরেট (খ) ম্যাগনেসিয়াম এবং (গ) খড়ি।]

[Ans. (a) ·39 gm. ওজন হ্রাস হইবে, (b) ম্যাগনেসিয়াম বায়ুতে দহনের ফলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করিবে এবং ·66 gm. ওজন বৃদ্ধি পাইবে, (c) ·44 গ্রাম ওজন হ্রাস পাইবে।]

2. Calculate the weight of iron that can be converted into its oxide by the action of 18 gms. of steam.

[18 গ্রাম স্টীম দ্বারা কত গ্রাম লোহাকে লোহার অক্সাইডে পরিবর্তিত করা যাইতে পারে ?] [Ans. 42 gms.]

3. What weight of Potassium Chlorate should be taken to prepare Oxygen just sufficient to burn the Hydrogen obtained by the action of water upon 200 gms of Sodium ?

[200 গ্রাম সোডিয়াম জলের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে তাহা অক্সিজেন দ্বারা প্রজ্জ্বলিত করিতে কি পরিমাণ পটাশিয়াম ক্লোরেটের প্রয়োজন ?] [Ans. 177·6 gms]

4. How much phosphorus should be burnt to remove the oxygen from 500 gms. of air ? What would be the weight of the residual gas ? Air contains 23 per cent of oxygen by weight.

[500 গ্রাম বায়ুতে যে পরিমাণ অক্সিজেন আছে তাহা দূরীভূত করিতে কত গ্রাম ফসফরাস দহন করা প্রয়োজন ? দহনের পর অবশিষ্ট গ্যাসের ওজন কি হইবে ? বায়ুতে ওজন হিসাবে 23% অক্সিজেন আছে।]

[Ans. 89·125 gms. ফসফরাস এবং অবশিষ্ট গ্যাসের পরিমাণ ·385 gm. নাইট্রোজেন।]

5. 5 gms. of manganese dioxide are heated with excess of Hydrochloric acid. The Chlorine evolved is passed into Potassium Iodide solution. Calculate the weight of Iodine liberated.

[5 গ্রাম ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাস পটাশিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হইল। কি পরিমাণ আয়োডিন বিমুক্ত হইবে নির্ণয় কর।] [Ans. 14·60 gms.]

6. What weight of Calcium Carbonate must be decomposed by Hydrochloric acid to produce a quantity of Carbon Dioxide that will suffice for the conversion of 50 gms. of Caustic Soda into Sodium Carbonate.

[কি পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেট হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দ্বারা বিশ্লিষ্ট করিলে, উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড 50 গ্রাম কষ্টিক সোডাকে সোডিয়াম কার্বনেটে রূপান্তরিত করিবে ?] [Ans. 62·5 gms]

7. What weight of Lead Nitrate will be obtained when 13·4 gms. of Lead Carbonate reacts with 15 gms. of Nitric acid ? (Pb = 208)

[13·4 গ্রাম লেড কার্বনেট 15 গ্রাম নাইট্রিক এ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিলে কি পরিমাণ লেড নাইট্রেট পাওয়া যাইবে।] [Ans. 16·6 gms.]

[Hints—ক্রিয়াশীল উপাদানের মধ্যে যে উপাদানটি সম্পূর্ণরূপে পরিবর্তিত হয় তাহার পরিমাণ অনুযায়ী উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ নির্ধারিত হয়।]

8. A sample of chalk contained as impurity a form of clay which lost 14·5 per cent of its weight on prolonged heating. 5 gms. of the chalk were heated and the total loss in weight (due to evolution of water and Carbon dioxide) was 1·507 gms. Calculate the percentage of chalk in the sample.

[খড়ির একটি নমুনার কিছু পরিমাণ কাদা কলুষ পদার্থ আছে। এই নমুনাটি অনেকক্ষণ ধরিয়া উত্তপ্ত করিলে কলুষ পদার্থটি উহার ওজনের 14·5 ভাগ ওজন হ্রাস পায়। 5 গ্রাম খড়ি উত্তপ্ত করিলে সংযুক্ত ওজনের হ্রাসের পরিমাণ (কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হওয়ায়) হইল 1·507 গ্রাম ; নমুনাটিতে খড়ির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।] [Ans. 53%]

9. ·5 gm. of a mixture of Potassium Chloride and Potassium Iodide dissolved in water and precipitated with Silver Nitrate gave ·809 gm. of Silver Chloride and Iodide mixture. Calculate the weight of Potassium Chloride in ·5 gm. of the mixture.

[·5 গ্রাম পরিমাণ পটাশিয়াম ক্লোরাইড এবং পটাশিয়াম আয়োডাইডের একটি মিশ্রণ জলে দ্রবীভূত করিয়া সিলভার নাইট্রেট দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত করিলে ·809 গ্রাম পরিমাণ সিলভার ক্লোরাইড এবং সিলভার আয়োডাইডের একটি মিশ্রণ পাওয়া যাইবে। ·5 গ্রাম মিশ্রণে পটাশিয়াম ক্লোরাইডের ওজনের পরিমাণ নির্ণয় কর।] [Ans. ·20 gm.]

10. 1 litre of sea water (sp. gr. 1·03) containing 2·64% of Common Salt is evaporated to dryness. What weight of Sulphuric acid will be required to convert the Sodium Chloride to Sodium Sulphate ? (Cl = 35·5)

[2·64% সাধারণ লবণযুক্ত সমুদ্রজলের (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·03) 1 লিটার লইয়া বাষ্পীভবন দ্বারা শুষ্ক করা হইল। অবশিষ্ট শুষ্ক সোডিয়াম ক্লোরাইডকে সোডিয়াম সালফেটে রূপান্তরিত করিতে কি পরিমাণ সালফিউরিক এ্যাসিড প্রয়োজন ?]

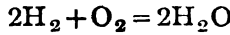
(Ans. 2·277 gms.)

৮

সমীকরণ হইতে ওজন ও আয়তন সংক্রান্ত সরল গণনা

(Simple Calculation from equations involving weight and volume)

পূর্বের অধ্যায়ে, রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে সকল পদার্থ অংশ গ্রহণ করে এবং বিক্রিয়ার ফলে যে সকল পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাদের ওজন কি ভাবে নির্ণয় করা যায় তাহাই আলোচনা করা হইয়াছে। এখন বিক্রিয়ক অথবা বিক্রিয়াজাত পদার্থ যদি গ্যাসীয় হয় তাহা হইলে উহাদের ওজনের পরিবর্তে আয়তন নির্ধারণ অধিক প্রয়োজন। উদাহরণস্বরূপ ধরা যাক—

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

এই সমীকরণ হইতে নিম্নলিখিত অর্থ প্রকাশিত হয়—

(১) 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 2 আয়তন স্টীম উৎপন্ন করে। ইহাই হইল আয়তনিক সম্বন্ধ (volumetric relation)।

(২) 4 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ও 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া 36 ভাগ ওজনের স্টীম উৎপন্ন করে। ইহাই হইল তৌলিক সম্বন্ধ (gravimetric relation)।

(৩) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, $2 \times 22 \cdot 4$ লিটার হাইড্রোজেন ও 22·4 লিটার অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া 36 গ্রাম স্টীম উৎপন্ন করে। ইহাই হইল আয়তন ও ওজনের যুক্ত সম্বন্ধ (Combined volumetric and gravimetric relation)।

এই অধ্যায়ে আয়তন ও ওজনের যুক্ত সম্বন্ধ বিষয়ে আলোচিত হইবে। কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন নির্ধারণ করিতে হইলে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি মনে রাখিতে হইবে—

(১) রাসায়নিক সমীকরণে নির্দিষ্ট আয়তনগুলি, সর্বদাই প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপের আয়তন।

(২) প্রতিটি গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব গ্রামে প্রকাশ করিলে, উহা প্রমাণ উষ্ণত ও চাপে 22·4 লিটার আয়তন অধিকার করে।

(৩) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন ·9 গ্রাম।

(৪) গ্যাস প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে না থাকিলে $\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}$ সমীকরণের সাহায্যে ইহাকে প্রমাণ অবস্থায় আনিতে হয়।

(৫) গ্যাসের প্রকৃত আয়তন লিটারে বা ঘন সেন্টিমিটারে প্রকাশ করিতে হয়।

উদাহরণ ঃ

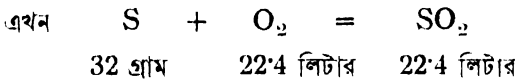
১। 27°C ও 755 mm. চাপে 1 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে কি পরিমাণ সালফার ও অক্সিজেন প্রয়োজন ?

উত্তর—প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ধরা যাক সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন V c. c. তাহা হইলে গ্যাস সমীকরণ হইতে পাওয়া যায়— $\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}$

বা $\frac{760\times V}{273}=\frac{755\times 1000}{273+27}$

বা $V=\frac{755\times 1000\times 273}{760\times 300}=904$ c. c.

এখন $S + O_2 = SO_2$

32 গ্রাম 22·4 লিটার 22·4 লিটার

অতএব 22·4 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে 22·4 লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন।

সুতরাং 904 c.c. সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে 904 c c. অক্সিজেন প্রয়োজন।

আবার 22·4 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে 32 গ্রাম সালফার প্রয়োজন।

অতএব 904 c.c. বা ·904 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে $\frac{32}{22\cdot4}\times\cdot904$ গ্রাম $=1\cdot29$ গ্রাম সালফার প্রয়োজন।

২। এক গ্রাম পটাশিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহার আয়তন 27°C ও 750 mm. চাপে কত হইবে ?

উত্তর— $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

$2\,(39+35\cdot5+3\times16)$ $3\times22\cdot4$ লিটার

বা 245 গ্রাম 67·2 লিটার

245 গ্রাম পটাশিয়াম ক্লোরেট হইতে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 67·2 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায়,

∴ 1 গ্রাম " " " " " " $\frac{67 \cdot 2}{245} = \cdot 274$ লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায়।

ধরা যাক 27°C ও 750 mm. চাপে অক্সিজেনের আয়তন V_1 লিটার তাহা হইলে $\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$ সমীকরণ হইতে পাওয়া যায়—

$$\frac{760 \times \cdot 274}{273} = \frac{750 \times V_1}{273 + 27}$$

বা, $V_1 = \frac{760 \times \cdot 274 \times 300}{273 \times 750}$ লিটার $= \cdot 305$ লিটার।

৩। কার্বন পোড়াইয়া অথবা ক্যালসিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করা যায়। 44·8 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে হইলে উপরোক্ত পদার্থটির দুইটির কোনটি কত পরিমাণ প্রয়োজন ?

উত্তর— $C + O_2 = CO_2$

12 গ্রাম 22·4 লিটার

অর্থাৎ 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে 12 গ্রাম কার্বন প্রয়োজন।

অতএব 44·8 লিটার " " " $\frac{12}{22 \cdot 4} \times 44 \cdot 8$ গ্রাম " "

= 24 গ্রাম কার্বন প্রয়োজন।

আবার $CaCO_3 = CaO + CO_2$

(40+12+3×16) গ্রাম 22·4 লিটার

বা 100 গ্রাম 22·4 লিটার

অর্থাৎ 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে 100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন।

অতএব 44·8 লিটার কার্ব ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে $\frac{100}{22 \cdot 4} \times 44 \cdot 8$ গ্রাম

= 200 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন।

৪। একটি লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডে ওজন হিসাবে 65% এ্যাসিড আছে এবং উহার ঘনত্ব 1·56। এই এ্যাসিডের 3 লিটার যদি 2500 গ্রাম জিংকের সহিত মিশান হয় তাহা হইলে 27°C এবং প্রমান চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন কত হইবে ?

1 c.c. সালফিউরিক এ্যাসিডের ওজন = 1·56 গ্রাম

অতএব 3 লিটার " " " = 3000 × 1·56 গ্রাম

= 4680 গ্রাম

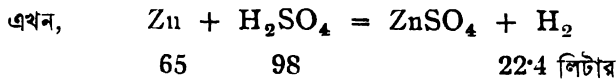
এই এ্যাসিডে 65% সালফিউরিক এ্যাসিড আছে,

অর্থাৎ 100 গ্রাম এ্যাসিডে সালফিউরিক এ্যাসিড আছে 65 গ্রাম

∴ 4680 গ্রাম " " " " $\frac{65}{100} \times 4680$ গ্রাম

= 3042 গ্রাম

এখন, $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

65 98 22·4 লিটার

অর্থাৎ 98 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিডের জন্য 65 গ্রাম জিংক প্রয়োজন

∴ 3042 গ্রাম " " " $\frac{65}{98} \times 3042$ গ্রাম " "

= 2017·6 গ্রাম জিংক

কিন্তু উহাতে 2500 গ্রাম জিংক আছে। সুতরাং এই বিক্রিয়াতে সম্পূর্ণ সালফিউরিক এ্যাসিডটি জিংক সালফেটে পরিবর্তিত হইয়া যাইবে।

এখন, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 98 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিড হইতে

22·4 লিটার হাইড্রোজেন পাওয়া যায়,

∴ 3042 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিড হইতে $\frac{22 \cdot 4}{98} \times 3042$ লিটার

হাইড্রোজেন পাওয়া যায়

= 695·3 লিটার হাইড্রোজেন।

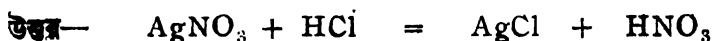
প্রমাণ চাপে ও 27°C উষ্ণতায় হাইড্রোজেনের আয়তন যদি V_1 লিটার হয়,

তাহা হইলে, $$\frac{760 \times 695 \cdot 3}{273} = \frac{760 \times V_1}{273 + 27}$$

বা, $$V_1 = \frac{760 \times 695 \cdot 3 \times 300}{273 \times 760} \text{ লিটার} = 764 \cdot 03 \text{ লিটার।}$$

অতএব উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন 764·03 লিটার হইবে।

৫। 27°C উষ্ণতায় ও 760 mm. চাপে 100 c.c. হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে কি পরিমাণ সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইবে?

উত্তর— $AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$

22·4 লিটার (108+35·5) গ্রাম

বা 22·4 লিটার 143·5 গ্রাম

ধরা যাক 27°C ও 760 mm. চাপে 100 c.c. হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাসের প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে পরিবর্তিত আয়তন V c.c.

তাহা হইলে, $$\frac{760 \times V}{273} = \frac{760 \times 100}{273 + 27}$$

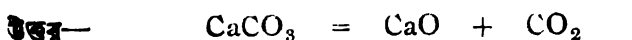
বা, $$V = \frac{760 \times 100 \times 273}{760 \times 300} \text{ c.c.} = 91 \text{ c.c.}$$

এখন 22·4 লিটার বা 22400 c.c. হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস দ্বারা সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় 143·5 গ্রাম

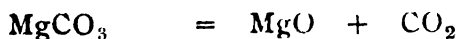
∴ 91 c.c. হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস দ্বারা সিলভার ক্লোরাইড

অধঃক্ষিপ্ত হয় $\frac{143 \cdot 5}{22400} \times 91$ গ্রাম = ·583 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড।

৬। 1 গ্রাম পরিমাণ $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$ এর একটি মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 240 c.c. কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। মিশ্রণটির আয়তন সংযুতি নির্ণয় কর।

উত্তর— $CaCO_3 = CaO + CO_2$

$40 + 12 + 3 \times 16$ 22·4 লিটার

বা 100 গ্রাম 22·4 লিটার

$MgCO_3 = MgO + CO_2$

$24 + 12 + 3 \times 16$ 22·4 লিটার

বা 84 গ্রাম 22·4 লিটার

ধরা যাক মিশ্রণটিতে $CaCO_3$-র পরিমাণ x গ্রাম

তাহা হইলে মিশ্রণটিতে $MgCO_3$-র পরিমাণ ($1 - x$) গ্রাম।

এখন 100 গ্রাম $CaCO_3$ প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে

∴ x গ্রাম $CaCO_3$ „ „ „ $\frac{22 \cdot 4}{100} \times x$ লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে

আবার 84 গ্রাম $MgCO_3$ প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

∴ (1−x) গ্রাম $MgCO_3$ „ „ „ $\frac{22·4}{84}\times(1-x)$ লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

অতএব উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের মোট পরিমাণ—

$$\frac{22·4}{100}\times x+\frac{22·4}{84}\times(1-x) \text{ লিটার}$$

প্রশ্নানুসারে, $\frac{22400}{100}x+\frac{22400}{84}\times(1-x)=240$

∴ $x=·625$ গ্রাম

অর্থাৎ $CaCO_3$ ওজন $=·625$ গ্রাম

∴ $MgCO_3$ ওজন $=(1-·625)$ গ্রাম $=·375$ গ্রাম

1 গ্রাম মিশ্রণে $CaCO_3$ আছে ·625 গ্রাম

100 গ্রাম „ „ „ ·625 × 100 গ্রাম বা 62·5 গ্রাম

আবার 1 গ্রাম মিশ্রণে $MgCO_3$ আছে ·375 গ্রাম

100 গ্রাম „ „ „ ·375 × 100 গ্রাম বা 37·5 গ্রাম।

অতএব মিশ্রণে আছে $CaCO_3=62·5\%$

„ „ $MgCO_3=37·5\%$

৭। ওজন অনুপাতে বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ শতকরা 23 ভাগ। একটি খনির কয়লাতে দেখা গেল কার্বন ও হাইড্রোজেনের ওজনের অনুপাত শতকরা 96 ভাগ কার্বন এবং শতকরা 4 ভাগ হাইড্রোজেন। 15°C এবং 756 mm. চাপে কত লিটার বায়ুর সাহায্যে উপরোক্ত কয়লার 10 কিলোগ্রাম সম্পূর্ণরূপে জারিত করা হইবে?

100 গ্রাম কয়লাতে কার্বনের পরিমাণ 96 গ্রাম

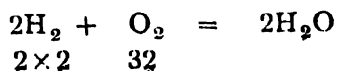
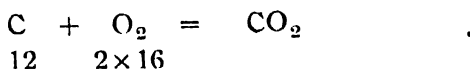
10 কিলোগ্রাম বা 10000 গ্রাম „ „ „ $\frac{96\times10000}{100}$ গ্রাম

$=9600$ গ্রাম

আবার 100 গ্রাম কয়লাতে হাইড্রোজেনের পরিমাণ 4 গ্রাম

10000 গ্রাম „ „ „ $\frac{4\times10000}{100}$ গ্রাম $=400$ গ্রাম

$$\underset{12}{C} + \underset{2\times16}{O_2} = CO_2$$

$$\underset{2\times2}{2H_2} + \underset{32}{O_2} = 2H_2O$$

অর্থাৎ 12 গ্রাম কার্বন জারিত করিতে 32 গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন

∴ 9600 গ্রাম ,, ,, ,, $\frac{32}{12} \times 9600$ গ্রাম ,, ,,

আবার 4 গ্রাম হাইড্রোজেন জারিত করিতে 32 গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন

∴ 400 গ্রাম ,, ,, $\frac{32}{4} \times 400$ গ্রাম ,,

∴ কয়লা সম্পূর্ণ জারণের জন্য $= \left(\frac{32}{12} \times 9600 + \frac{32}{4} \times 400\right)$ গ্রাম

অক্সিজেন প্রয়োজন

$=28800$ গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন।

এখন 23 গ্রাম অক্সিজেন 100 গ্রাম বায়ুতে আছে

∴ 28800 গ্রাম ,, $\frac{100}{23} \times 28800$ গ্রাম ,, ,,

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন $= \cdot 09$ গ্রাম

∴ ,, ,, ,, 1 লিটার বায়ুর ওজন $= \cdot 09 \times 14 \cdot 4 = 1 \cdot 296$ গ্রাম

[কারণ বায়ুর ঘনত্ব $= 14 \cdot 4$]

অতএব $1 \cdot 296$ গ্রাম বায়ুর প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে আয়তন 1 লিটার

$\frac{100 \times 28800}{23}$ গ্রাম ,, ,, ,, ,, $\frac{1 \times 100 \times 28800}{23 \times 1 \cdot 296}$ লিটার

$= 96618 \cdot 3$ লিটার

ধরা যাক 15°C ও 756 mm. চাপে বায়ুর আয়তন V_1 লিটার,

তাহা হইলে— $\frac{760 \times 96618 \cdot 3}{273} = \frac{756 \times V_1}{273 + 15}$

$$\therefore \quad V_1 = \frac{760 \times 96618 \cdot 3 \times 288}{273 \times 756} \text{ লিটার}$$

$= 102466 \cdot 3$ লিটার বায়ুর প্রয়োজন।

৮। ওজন অনুপাতে 30% শক্তিসম্পন্ন 10 লিটার হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড ও 50 কিলোগ্রাম সোডিয়াম কার্বনেটের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কি পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে? (হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব $1 \cdot 16$)

৪— 1 c.c. হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের ওজন = 1·16 গ্রাম

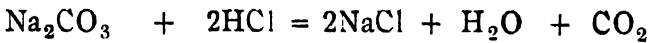
সুতরাং 10 লিটার „ „ „ $= 1{\cdot}16 \times 10000$ গ্রাম.

$= 11600$ গ্রাম

100 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে এ্যাসিডের পরিমাণ = 30 গ্রাম

11600 গ্রাম „ „ „ „ $= \frac{30}{100} \times 11600$ গ্রাম

$= 3480$ গ্রাম

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$

$2 \times 23 + 12 + 3 \times 16$ $2(1 + 35{\cdot}5)$ 22·4 লিটার

বা 106 গ্রাম 73 গ্রাম 22·4 লিটার

73 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড 106 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করে

∴ 3480 গ্রাম „ „ $\frac{106}{73} \times 3480$ গ্রাম „ „ „ „

$= 5053{\cdot}1$ গ্রাম $= 5{\cdot}0531$ কিলোগ্রাম।

কিন্তু প্রশ্নানুযায়ী, 50 কিলোগ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট লওয়া হইয়াছে।

অতএব সোডিয়াম কার্বনেটের সমস্তটাই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রয়োজন হইবে না, উহার অংশমাত্র সমগ্র হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করিবে। সুতরাং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য, সোডিয়াম কার্বনেটের ওজন না লইয়া হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের ওজন হইতে নির্ণয় করিতে হইবে।

এখন 73 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

∴ 3480 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় $\frac{22{\cdot}4}{73} \times 3480$ লিটার

$= 1067{\cdot}8$ লিটার কার্বনডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What volume of oxygen at N. T. P. is given off on heating 2 gms. of mercuric oxide ?

[2 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে কত আয়তন অক্সিজেন প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে নির্গত হইবে ?] [Ans. ·1036 litre]

2. What weight of copper must be dissolved in Sulphuric acid to give 10 litres of Sulphur dioxide at 27°C and 750 mm. pressure ?

[ওজন অনুপাতে কি পরিমাণ তামা সালফিউরিক এ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে 27°C তাপে ও 750 mm. চাপে 10 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইবে ?]

[Ans. 25·456 gms.]

3. Calculate the volume of hydrogen evolved at N. T. P. by passing 10 gms. of steam over red-hot iron.

[লোহিত-তপ্ত লোহার উপর দিয়া 10 গ্রাম স্টীম প্রবাহিত করিলে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের পরিমাণ আয়তন হিসাবে নির্ণয় কর।]

[Ans. 12·44 litres]

4. A lump of marble weighing 1·48 gm. is completely dissolved in Hydrochloric acid. Calculate the weight of Calcium chloride and the volume of Carbon dioxide which can be obtained at 30°C and 750 mm. pressure.

[1·48 গ্রাম ওজনের একখণ্ড মার্বেল হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে সম্পূর্ণ ভাবে দ্রবীভূত করা হইল। 30°C তাপে ও 750 mm. চাপে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ওজন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর।]

[Ans. 1·6428 gm. ; 372 c.c.]

5. Air contains 23% of its weight of oxygen. How many grams of Sulphur will be required to burn out the oxygen in 100 litres of air at 30°C and 755 mm. pressure ?

[বায়ুতে ওজন অনুপাতে 23% অক্সিজেন আছে। 30°C তাপে ও 755 mm. চাপে 100 লিটার বায়ুর মধ্যে যে অক্সিজেন আছে, উহাকে দহন করিতে, কি পরিমাণ গন্ধক প্রয়োজন ?] [Ans. 26·68 gms.]

6. What weight of copper must be dissolved in Sulphuric acid to give 5 litres of Sulphur dioxide at 27°C and 750 mm. pressure? What volume of H_2S at N. T. P. will be required to precipitate the copper in the solution?

[27°C তাপে ও 750 mm. চাপে, 5 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিতে কি পরিমাণ কপার, সালফিউরিক এ্যাসিডে দ্রবীভূত-করা প্রয়োজন? ঐ কপারকে দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত করিতে হইলে, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কি আয়তন H_2S লাগিবে?]

[Ans. 12·728 gms. Cu ; 4·489 litres H_2S]

7. Assuming that air contains 23% by weight of oxygen, find out the volume of air at 27°C and 750 mm. pressure that would be required for the complete combustion of 1 kilogramme of coal containig 90% of Carbon and 5% of Hydrogen.

[বায়ুর মধ্যে ওজন অনুপাতে 23% অক্সিজেন আছে এইরূপ অনুমান করিয়া—27°C তাপে ও 750 mm. চাপে কি পরিমাণ বায়ু, 1 কিলোগ্রাম কয়লার সম্পূর্ণ দহনের জন্য প্রয়োজন, তাহা নির্ণয় কর: ব্যবহৃত কয়লার সংযুতি 90% কার্বন ও 5% হাইড্রোজেন।]

[Ans. 10460·1 litres]

8 What volume of atmospheric air measured at 30°C and 750 mm. pressure will be required for the complete combustion of 1 gm. of Sulphur? Air contains 20·8% of oxygen by volume, 1 litre of Hydrogen at N. T. P. weighs ·09 gm.

[1 গ্রাম সালফারের সম্পূর্ণ দহনের জন্য 30°C তাপে ও 750 mm. চাপে কি পরিমাণ বায়ুর প্রয়োজন? অনুমান করিয়া লইতে হইবে যে, বায়ুতে আয়তন অনুপাতে 20·8% অক্সিজেন আছে, এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন ·09 গ্রাম।]

[Ans. 3·8 litres]

9. Given 100 gms. of chalk, how many litres of Carbon dioxide can be obtained at 15°C and 740 mm. pressure by dissolving the substance in an acid?

[100 গ্রাম খড়িকে এ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে, 15°C তাপে ও 740 mm. চাপে কি পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে?]

[Ans. 24·269 litres]

10. You are given a balloon with a capacity of 1000 litres and you are to fill it with hydrogen at 30°C and 750 mm. pressure. Calculate the minimum quantity of iron required to produce the above quantity of Hydrogen.

[1000 লিটার আয়তন সীমাযুক্ত একটি বেলুনকে 30°C তাপে ও 750 mm. চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিতে দেওয়া হইল। উক্ত পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপাদনের জন্য কমপক্ষে যে পরিমাণ লৌহ প্রয়োজন তাহা নির্ণয় কর।]

[Ans. স্টীমের সহিত ক্রিয়া করিলে 1667 gms. লোহা ;
এ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিলে 2224 gms. লোহা।]

11. What weight of common salt would be required to produce sufficient hydrogen chloride to just neutralise 100 gms. of a 30% solution of caustic soda ? Calculate the volume of the gas at N. T. P.

[100 গ্রাম শতকরা 30 ভাগ শক্তি সম্পন্ন কষ্টিক সোডাকে শমিত করিতে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের প্রয়োজন তাহা উৎপাদনের জন্য কি পরিমাণ সাধারণ লবণের প্রয়োজন হইবে ? প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসটির আয়তন নির্ণয় কর।]

[Ans. 43·9 gms. ; 16·8 litres]

12. What volume of carbon dioxide would be obtained by dissolving 3 gms. of chalk in Hydrochloric acid ? Calculate the volume of the gas at N. T. P.

[3 গ্রাম পরিমাণ খড়ি হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে কি আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে ? প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসটির আয়তন নির্ণয় কর।] [Ans 672 c.c. ; 720·7 c.c.]

13. Hydrogen Sulphide gas obtained by treating a sample of Ferrous sulphide with dilute Sulphuric acid contained 5% of hydrogen by volume. What percentage of free iron did ferrous sulphide contain ?

[ফেরাস সালফাইড ও লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাওয়া যায় তাহার মধ্যে 5% হাইড্রোজেন মিশ্রিত থাকে। ফেরাস সালফাইডের নমুনায় শতকরা কতভাগ আয়রণ আছে ?] [Ans. 3·24%]

14. A sample of 25gms. of pure chalk were uniformly mixed with pure silica; ·75 gm. of the mixture when treated with Hydrochloric acid liberated 125 c.c. of carbon dioxide easured at 27°C and 756 mm. pressure. Find the amount of silica that was mixed with the sample of chalk.

[25 গ্রাম বিশুদ্ধ চকের সহিত বিশুদ্ধ বালি সমান ভাবে মিশ্রিত করা হইল। এই মিশ্রণের ·75 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটিলে 27°C তাপে ও 756 mm. চাপে 125 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। চকের সহিত কি পরিমাণ বালি মিশ্রিত করা হইয়াছিল নির্ণয় কর।] [Ans. 12·5 gms]

15. What weight of Sulphuric acid would be required to convert the sodium chloride, obtained from 2 litres of sea water, completely into sodium sulphate? Sea water contains 3·42% by weight of common salt. Density of sea-water = 1·04.

[2 লিটার সমুদ্রজল হইতে প্রাপ্ত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণভাবে সোডিয়াম সালফেটে রূপান্তরিত করিতে ওজন অনুপাতে কি পরিমাণ সালফিউরিক এ্যাসিডের প্রয়োজন? সমুদ্রজলে ওজন অনুপাতে 3·42% সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে। সমুদ্রজলের ঘনত্ব = 1·04] [Ans. 59·58 gms.]

৩

সমীকরণ হইতে আয়তন সংক্রান্ত সরল গণনা

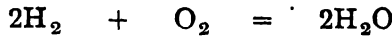
(Simple calculat'on from equations involvinng volume and volume)

গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রে দেখা গিয়াছে যে, নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়াকালে উহাদের আয়তনগুলি সরল অনুপাতে থাকে এবং বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থ যদি গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে তাহা হইলে উহার আয়তনও বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির আয়তনের সহিত সরল অনুপাতে থাকে। আবার এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে, নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় এক গ্রাম-অণু পরিমাণ সকল গ্যাসের আয়তন একই হইবে।

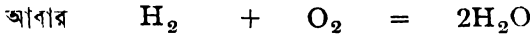
সমীকরণের সাহায্যে কোন পদার্থের কত অণু বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তাহা জানা যায়। অতএব উহাদের কত গ্রাম অণু বিক্রিয়া করে তাহাও জানা যায়। সুতরাং উহাদের আয়তনগুলির পরিমাণও জানা যায়। যেমন,

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ অর্থাৎ একটি হাইড্রোজেন এবং একটি ক্লোরিন অণু মিলিত হইয়া দুইটি হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড অণু উৎপন্ন করে। অর্থাৎ এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন ও এক গ্রাম-অণু ক্লোরিন মিলিত হইয়া 2 গ্রাম-অণু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড উৎপন্ন করে। অতএব এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন মিলিত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড উৎপন্ন করে। আবার প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন ও 22·4 লিটার ক্লোরিন যুক্ত হইয়া $2 \times 22{\cdot}4$ লিটার হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে গ্যাসগুলি অংশ গ্রহণ করে, উহাদের প্রকৃত আয়তন বিবেচনা না করিয়া, কেবলমাত্র উহাদের আয়তনের তুলনামূলক সম্বন্ধ গণনা করা যাইতে পারে। এইরূপ তুলনাক্ষেত্রে, সহজে গণনা করার জন্যে যে-কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তনকে, আয়তনের একক ধরা হয়। দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া দুই আয়তন স্টীম উৎপন্ন করে। এখন স্টীমকে ঠাণ্ডা করিলে জল হয়; সেই জলের আয়তন N. T. P. তে শূন্য ধরা হয়, কারণ জলের আয়তন স্টীমের আয়তনের তুলনায় অতি সামান্য।

$$2H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O$$

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন (স্টীম)

∴ আয়তনের সংকোচন = 3 − 2 = 1

আবার $$H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O$$

2 আয়তন 1 আয়তন 0 আয়তন (জল)

আয়তনের সংকোচন = 3 − 0 = 3

এবং এই আয়তন সংকোচনের $\frac{2}{3}$ অংশ হাইড্রোজেন এবং $\frac{1}{3}$ অংশ অক্সিজেন।

যদি গ্যাসের সহিত গ্যাসের রাসায়নিক ক্রিয়ায় কোন কঠিন বা তরল পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা হইলে পূর্বোলিখিত কারণে তাহাদের আয়তন শূন্য ধরা হয়।

অতএব বিক্রিয়াকারী এবং বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন নির্ধারণ করিতে হইলে নিম্নলিখিত নিয়মগুলি মনে রাখিতে হইবে—

১) রাসায়নিক সমীকরণটি নির্ভুলভাবে লিখিতে হইবে :

২) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু যে-কোন গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার ;

৩) রাসায়নিক বিক্রিয়ার নির্দেশিত বিভিন্ন গ্যাসগুলির আয়তনের তুলনা-কালেই কেবলমাত্র, এক গ্রাম-অণু-গ্যাসের আয়তনকে এক আয়তন ধরা হয়। অন্য ক্ষেত্রে, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু-পরিমাণ গ্যাসটির আয়তন 22·4 লিটার ধরা হয়।

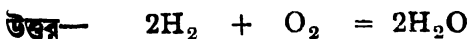
৪) রাসায়নিক বিক্রিয়ার নির্দেশিত গ্যাসগুলি, সবদাই প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে প্রকাশিত হইয়া থাকে।

৫) যখনই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন একত্র যুক্ত হইয়া স্টীম উৎপন্ন করে এবং ঐ স্টীম শীতল হইয়া তরল জলে রূপান্তরিত হয়, তখন আয়তনের সংকোচন ঘটিয়া থাকে।

গ্যাসের আয়তনের বিষয় যাহাতে আলোচিত হয় তাহাকে **গ্যাসমিতি (Eudiometry)** বলে। গ্যাসের আয়তন মাপকযন্ত্রকে ইডিয়োমিটার (Eudiometer) বলে।

গাণিতিক উদাহরণ :

১। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 5 c.c. অক্সিজেন ও 15 c.c. হাইড্রোজেন মিশ্রিত করিয়া প্রজ্জ্বলন করা হইল। অবশিষ্ট কোন গ্যাস থাকিলে উহা কি এবং উহার আয়তন কত ?

উত্তর— $$2H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O$$

2 আয়তন 1 আয়তন

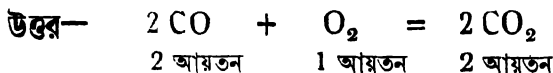
অর্থাৎ 2 c.c. হাইড্রোজেন 1 c.c. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে।

∴ 10 c.c. হাইড্রোজেন ও 5 c.c. অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে।

∴ (15-10)=5 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাস অবশিষ্ট থাকিবে।

২। 120 c.c. কার্বন মনোক্সাইড, 40 c.c. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া প্রজ্বলন করা হইল এবং মিশ্রণটিকে কষ্টিক পটাশ দ্বারা আলোড়িত করা হইল। পরীক্ষা শেষে কোন্ গ্যাস পড়িয়া থাকিবে এবং উহার আয়তন কত হইবে?

উত্তর— $2\,CO + O_2 = 2\,CO_2$

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

1 আয়তন অক্সিজেন 2 আয়তন কার্বন মনোক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

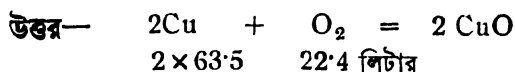
∴ 40 c.c. অক্সিজেন 80 c.c. কার্বন মনোক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া 80 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

কষ্টিক পটাশ দ্বারা আলোড়িত করিলে উৎপন্ন 80 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হইয়া যাইবে।

সুতরাং (120-80)=40 c.c. কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস অবশিষ্ট থাকিবে।

৩। বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ 21% ; 32 গ্রাম কপারকে কপার অক্সাইডে পরিবর্তিত করিতে হইলে 27°C তাপে ও 750 mm. চাপে কি পরিমাণ বায়ুর প্রয়োজন ?

উত্তর— $2Cu + O_2 = 2\,CuO$

$2 \times 63{\cdot}5$ 22·4 লিটার

127 গ্রাম কপারকে অক্সাইডে পরিবর্তনের জন্য 22·4 লিটার অক্সিজেন লাগে,

∴ 32 গ্রাম „ „ „ „ $\frac{22{\cdot}4}{127} \times 32$ লিটার „ „

=5·6 লিটার অক্সিজেন লাগে।

এখন 21 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায় প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 100 লিটার বায়ুতে,

∴ 5·6 লিটার „ „ „ „ „ „ $\frac{100}{21} \times 5{\cdot}6$ লিটার „

=26· 6 লিটার

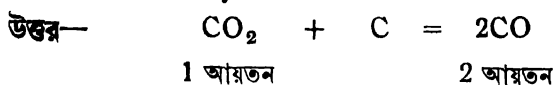
ধরা যাক, 27°C তাপে ও 750 mm. চাপে বায়ুর আয়তন V_1 লিটার।

তাহা হইলে, $\frac{760 \times 26{\cdot}6}{273} = \frac{750 \times V_1}{273+27}$

বা. $V_1 = \frac{760 \times 26{\cdot}6 \times 300}{273 \times 750} = 29{\cdot}6$ লিটার

৪। লোহিত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া অর্ধ-লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল। পরীক্ষাশেষে লব্ধ আয়তন = 700 c.c. ; উৎপন্ন পদার্থটির সংযুতি নির্ণয় কর। (সকল গ্যাসই প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে আছে।)

উত্তর— $CO_2 + C = 2CO$

1 আয়তন   2 আয়তন

এই সমীকরণ হইতে দেখা যাইতেছে, লোহিত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে, উহার আয়তন দ্বিগুণ হইয়া যায় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড—কার্বন মনোক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। কিন্তু এই পরীক্ষায় কার্বন ডাই-অক্সাইড সম্পূর্ণভাবে কার্বন মনোক্সাইডে রূপান্তরিত হয় নাই, কারণ তাহা হইলে পরীক্ষাশেষে উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন 1 লিটার হইত।

ধরা যাক x c.c. পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড, কার্বন মনোক্সাইডে রূপান্তরিত হইয়াছে।

∴ $(500-x)$ c.c. পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড রূপান্তরিত হয় নাই।

এখন সমীকরণ হইতে, উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইডের আয়ত $= 2x$

∴ $(500-x)+2x=700$

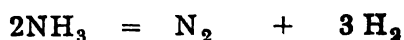
বা, $x=700-500=200$ c. c.

অতএব পরীক্ষাশেষে উৎপন্ন পদার্থটি একটি মিশ্রণ, উহাতে

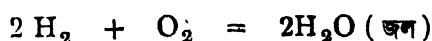
$(500-200)=300$ c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড

এবং $2\times200=400$ c.c. কার্বন মনোক্সাইড আছে।

৫। 15 c.c. এ্যামোনিয়া গ্যাসকে একটি ইডিওমিটার টিউবে লইয়া বিদ্যুৎ স্ফুলিংগের দ্বারা সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত করা হইল। 40 c.c. অক্সিজেন ইহাতে সংযুক্ত করিয়া মিশ্র গ্যাসটিকে প্রজ্জ্বলন করা হইল। কি কি গ্যাস এবং কত পরিমাণে (১) প্রজ্জ্বলনের পূর্বে এবং (২) প্রজ্জ্বলনের পরে ছিল নির্ণয় কর।

$$2NH_3 = N_2 + 3H_2$$

2 আয়তন   1 আয়তন   3 আয়তন

গ্যাসের প্রসারণ $= 4-2=2$ আয়তন

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O \text{ (জল)}$$

2 আয়তন   1 আয়তন   0 আয়তন

গ্যাসের সংকোচন $= 3-0=3$ আয়তন

(১) প্রথম সমীকরণ হইতে দেখা যাইতেছে যে, এ্যামোনিয়া গ্যাসের মধ্যে বিদ্যুৎস্ফুলিংগ দিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসের একটি মিশ্রণ উৎপন্ন হয় এবং ইহার আয়তন দ্বিগুণ হইয়া যায়। অর্থাৎ 15 c.c. এ্যামোনিয়া গ্যাস 30 c.c. গ্যাস-মিশ্রণ উৎপন্ন করে। মিশ্র গ্যাসের মধ্যে—

নাইট্রোজেন গ্যাসের পরিমাণ $=\frac{1}{2}\times 15=7{\cdot}5$ c.c.

হাইড্রোজেন ,, ,, $=\frac{3}{2}\times 15=22{\cdot}5$ c.c.

(২) এই মিশ্রণে 40 c.c. অক্সিজেন যোগ করিয়া প্রজ্জ্বলন করা হইলে, কেবলমাত্র হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করিবে। দ্বিতীয় সমীকরণ হইতে দেখা যাইতেছে যে, দুই আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে। অর্থাৎ 22·5 c.c. হাইড্রোজেন $\frac{22{\cdot}5}{2}=11{\cdot}25$ c.c. অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে।

তাহা হইলে প্রজ্জ্বলনের পরে নাইট্রোজেন এবং অব্যবহৃত অক্সিজেন অবশিষ্ট ছিল।

নাইট্রোজেনের আয়তন $=7{\cdot}5$ c.c.

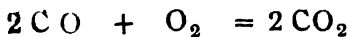
অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $=(40-11{\cdot}25)=28{\cdot}75$ c.c.

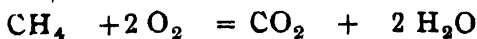
২। কার্বন মনোক্সাইড, মিথেন ও নাইট্রোজেনের একটি মিশ্রণের 10 c.c. লইয়া উহাকে অতিরিক্ত মাত্রায় অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া প্রজ্জ্বলন করা হইল। ফলে 6·5 c.c. আয়তনের সংকোচন লক্ষ্য করা গেল। প্রজ্জ্বলন শেষে অবশিষ্ট গ্যাসে কষ্টিক পটাশ যোগ করিলে, আরও 7 c.c. সংকোচন লক্ষ্য করা গেল। মিশ্রণটির সংযুতি নির্ধারণ কর।

উত্তর—ধরা যাক কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসের আয়তন $=x$ c.c.

এবং মিথেন গ্যাসের আয়তন $=y$ c.c.

তাহা হইলে নাইট্রোজেনের আয়তন $=10-(x+y)$ c.c.

$2CO + O_2 = 2CO_2$

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন আয়তনের সংকোচন $=3-2=1$

$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

1 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন 0 আয়তন

আয়তনের সংকোচন $=3-1=2$

প্রথম সমীকরণ অনুযায়ী সংকোচন = 1 আয়তন = কার্বন মনোক্সাইডের আয়তনের $\frac{1}{2}$ । অতএব সংকোচন $=\frac{x}{2}$

দ্বিতীয় সমীকরণ অনুযায়ী সংকোচন = 2 আয়তন = $2x$ মিথেনের আয়তন

অতএব সংকোচন = $2y$

প্রশ্নানুযায়ী, সমগ্র সংকোচনের পরিমাণ = 6·5 c.c.

$$\therefore \frac{x}{2}+2y=6{\cdot}5$$

বা $x=4y=13$ .... (1)

এখন, মিশ্রণে কষ্টিক পটাশ যোগ করিলে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হইয়া যাইবে। প্রথম সমীকরণ হইতে দেখা যায়,

উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন = কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন।

অতএব আলোচ্যক্ষেত্রে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন = x c.c. দ্বিতীয় সমীকরণ হইতে দেখা যায়,

উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইডের আয়তন = মিথেন গ্যাসের আয়তন

অতএব আলোচ্যক্ষেত্রে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন = y c.c. কিন্তু উৎপন্ন সমগ্র কার্বন ডাই-অক্সাইড কষ্টিক পটাশ দ্বারা শোষিত হইয়া গ্যাস মিশ্রণের সংকোচন হইবে এবং প্রশ্নানুযায়ী ইহার আয়তন = 7 c.c.

$\therefore x+y=7$ c.c. .... (2)

সমীকরণ (1) এবং (2) সমাধান করিয়া পাওয়া যায়

$x=5$ এবং $y=2$

অর্থাৎ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন = 5 c.c.

মিথেন গ্যাসের আয়তন = 2 c.c.

সুতরাং নাইট্রোজেনের আয়তন = $10-(5+2)=3$ c.c.

হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত নির্ণয় (Determination of the moleculer formula of hydrocarbons) :—কার্বন ও হাইড্রোজেনের গ্যাসীয় যৌগকে গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন (gaseous hydrocarbons) বলা হয় এবং ইহাদের সংকেত নির্ধারণের জন্য সর্বদা গ্যাসমিতি প্রণালীর (Eudiometry) সাহায্য লইতে হয়। প্রথমে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া একটি গ্যাসমান যন্ত্রে (Eudiometer) সংগ্রহ করা হয় এবং

বিদ্যুৎস্ফুলিংগ দ্বারা মিশ্রণটি জারিত করা হয়। জারণের ফলে গ্যাসমান যন্ত্রে—কার্বন ডাই-অক্সাইড, জল ও অপরিবর্তিত অক্সিজেন থাকে। সাধারণ উষ্ণতায় উৎপন্ন জল তরল অবস্থায় থাকে ফলে গ্যাসের তুলনায় উহার আয়তন নগন্য (negligible) বলিয়া ধরা হয়। হাইড্রোকার্বন অক্সিজেন দ্বারা জারিত হওয়ার ফলে সর্বদাই গ্যাসমিশ্রণের আয়তনের হ্রাস হয়। কারণ হাইড্রোকার্বনের জারণের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেন লোপ পায় এবং সেই স্থলে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হওয়ায় আয়তনের হ্রাস ঘটে।

এখন, উৎপন্ন গ্যাসে কিছু পরিমাণ কষ্টিক পটাশ (KOH) প্রবেশ করাইলে উহা সমস্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া লইবে। ফলে গ্যাসের আয়তন আবার হ্রাস পাইবে। দ্বিতীয়বার আয়তনের সংকোচন কেবলমাত্র কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণের ফলে হইয়াছে। অতএব কষ্টিক পটাশ দ্বারা গ্যাসের সংকোচনের পরিমাণ উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের আয়তনের সমান। গ্যাসমান যন্ত্রে অবশিষ্টরূপে কেবলমাত্র অপরিবর্তিত অক্সিজেন পড়িয়া থাকিবে। মনে রাখিতে হইবে, সমস্ত আয়তনগুলি একই উষ্ণতা ও চাপে নিরূপণ করা হয়।

হাইড্রোকার্বন গ্যাসের আয়তনে, বিদ্যুৎস্ফুলিংগ দেওয়ার ফলে যে সংকোচন এবং কষ্টিক পটাশ দ্বারা যে সংকোচন হয়, এই তথ্যগুলি হইতেই হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় করা হয়। এই প্রসঙ্গে মনে রাখিতে হইবে—

উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের পরিমাণ উহার সম আয়তন অক্সিজেন গ্যাস হইতে উদ্ভূত। জল সৃষ্টি করিতে যে আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন উহার দ্বিগুণ আয়তন হাইড্রোজেন প্রয়োজন এবং সেই হাইড্রোজেন হাইড্রোকার্বন হইতে পাওয়া যায়। যে পরিমাণ অক্সিজেন গ্যাস জারণে অংশ গ্রহণ করে তাহার একাংশ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিতে এবং অপরাংশ জল সৃষ্টি করিতে ব্যয় হয়।

গাণিতিক উদাহরণ :

১। 10 c.c. একটি হাইড্রোকার্বন 25 c.c. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিংগ দ্বারা জারিত করিলে দেখা গেল উহার আয়তন 15 c.c. হইয়াছে। ইহাতে কষ্টিক পটাশ যোগ করায় আয়তন আরও 10 c.c. হ্রাস পাইল। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর— হাইড্রোকার্বনের আয়তন = 10 c.c.

অক্সিজেনের আয়তন = 25 c.c.

কষ্টিক পটাশ দ্বারা সংকোচনের পরিমাণ = 10 c.c.

অর্থাৎ উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ = 10 c.c.

অবশিষ্ট অপরিবর্তিত গ্যাসের আয়তন = (15 − 10) = 5 c.c.

∴ ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ = (25 − 5) = 20 c.c.

এখন, 10 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের জন্য 10 c.c. অক্সিজেনের প্রয়োজন, অতএব (20 − 10) = 10 c.c. অক্সিজেন জল সৃষ্টির জন্য ব্যয় হইয়াছে। জল সৃষ্টির জন্য অক্সিজেনের দ্বিগুণ আয়তন অর্থাৎ 20 c.c. হাইড্রোজেনের প্রয়োজন হইয়াছে। এই 20 c.c. হাইড্রোজেন 10 c.c. হাইড্রোকার্বন হইতে পাওয়া গিয়াছে।

∴ 10 c.c হাইড্রোকার্বন হইতে 10 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং 20 c.c. হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। অতএব এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী—

একটি হাইড্রোকার্বন অণু হইতে একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড অণু হয় এবং উহাতে দুইটি হাইড্রোজেন অণু আছে।

কিন্তু একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুতে একটি কার্বন পরমাণু আছে।

অতএব একটি হাইড্রোকার্বন অণুতে একটি কার্বন পরমাণু ও চারিটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

সুতরাং হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত CH_4।

এই পরীক্ষাটিতে যে পরিমাণ অক্সিজেন মিশ্রিত করা হইয়াছিল এবং যে পরিমাণ অক্সিজেন অবশিষ্ট ছিল তাহা জানা ছিল। কিন্তু সংকোচনের পরিমাণ জানা থাকিলে এবং অক্সিজেনের পরিমাণ জানা না থাকিলেও হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় করা যায়। যেমন—

২। অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত 20 c c. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন মিশাইয়া বিদ্যুৎস্ফুলিংগ দিলে উহার 30 c.c. সংকোচন হয়। পরে উহাতে কষ্টিক পটাশ দিলে আরও 40 c.c. সংকোচন হয়। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর – প্রথম সংকোচন = 30 c.c.

কষ্টিক পটাশ দ্বারা দ্বিতীয় সংকোচন = 40 c.c.

অর্থাৎ উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন = 40 c.c.

বিদ্যুৎস্ফুলিংগ দেওয়াতে হাইড্রোকার্বন ও উহার কারণে ব্যবহৃত অক্সিজেন লোপ পায় এবং তৎস্থলে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং জল পাওয়া যায়। জলের আয়তন নগণ্য বলিয়া ধরা হয় না।

অতএব প্রথম সংকোচনের পরিমাণ = হাইড্রোকার্বনের আয়তন + ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন — উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন।

$\therefore$ $30 = 20 +$ ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $- 40$

অর্থাৎ ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $= 40 + 30 - 20 = 50$ c.c.

এই অক্সিজেন হইতে 40 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতে 40 c.c. অক্সিজেন ব্যয় হইয়াছে। অতএব বাকি 10 c.c. অক্সিজেন দ্বারা জল উৎপন্ন হইয়াছে। জল উৎপন্ন হওয়ার জন্য 10×2 বা 20 c.c. হাইড্রোজেনের প্রয়োজন হইয়াছে।

সুতরাং 20 c.c. হাইড্রোকার্বন হইতে 20 c.c. হাইড্রোজেন এবং 40 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। অর্থাৎ একটি হাইড্রোকার্বন অণু হইতে একটি হাইড্রোজেন অণু এবং দুইটি কার্বন ডাই-অক্সাইড অণু পাওয়া যায়। দুইটি কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুতে দুইটি কার্বন পরমাণু আছে। অতএব একটি হাইড্রোকার্বন অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও দুইটি কার্বন পরমাণু আছে।

অতএব হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত C_2H_2।

৩। অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া 15 c.c. একটি হাইড্রোকার্বন গ্যাসকে বিদ্যুৎস্ফুলিংগ দ্বারা প্রজ্জ্বলন করা হইল, ফলে গ্যাস মিশ্রণের আয়তনের 45 c.c. সংকোচন হইল। গ্যাসটির ঘনত্ব 22 হইলে, উহার আনবিক সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর—বিদ্যুৎস্ফুলিংগ দ্বারা প্রজ্জ্বলনের ফলে হাইড্রোকার্বন জারিত হয় এবং হাইড্রোকার্বনের কার্বন ও হাইড্রোজেন জারণের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেন লোপ পায় এবং কিছু কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়, ফলে আয়তনের সংকোচন হয়। উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন কার্বন জারিত করিতে যে অক্সিজেন প্রয়োজন তাহারই সমান।

অতএব সংকোচনের পরিমাণ = হাইড্রোকার্বনের আয়তন + কার্বন জারণের জন্য ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন + হাইড্রোজেন জারণের জন্য ব্যবহৃত অক্সিজেন — উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন।

ধরা যাক, কার্বন জারণের জন্য ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $= x$ c.c.

হাইড্রোজেন " " " " " $= y$ c.c.

এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন $= x$ c.c.

$\therefore \quad 45 = 15 + x + y - x = 15 + y$

$\therefore \quad y = 45 - 15 = 30$ c.c.

অর্থাৎ হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনকে জারিত করিতে 30 c.c. অক্সিজেন লাগে। অতএব হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের আয়তন $= 2 \times 30 = 60$ c.c. সুতরাং 15 c.c হাইড্রোকার্বনে 60 c c. হাইড্রোজেন গ্যাস আছে। অতএব একটি হাইড্রোকার্বন অণুতে 4 হাইড্রোজেন অণু বা 8 হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

মনে করা যাক্, একটি হাইড্রোকার্বন অণুতে n পরমাণু কার্বন আছে। তাহা হইলে হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত C_nH_8

হাইড্রোকার্বনটির বাষ্প ঘনত্ব $= 22$ $\therefore$ উহার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 22 = 44$ সুতরাং $C_n H_8 = 44$ বা $(12 \times n + 8 \times 1) = 44$ $\therefore$ $n = 3$ অতএব হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত C_3H_8

Questions (প্রশ্নমালা)

1. 10 c.c. of carbon monoxide are exploded with 20 c.c. of oxygen in an eudiometer over mercury. What volume of the gas is left and what is its composition ?

[10 c.c. কার্বন মনোক্সাইড ও 20 c.c. অক্সিজেন পারদের উপর গ্যাসমান যন্ত্রে প্রজ্জ্বলন করা হইল। কি আয়তন গ্যাস অবশিষ্ট থাকিবে এবং ইহার সংযুতি কি হইবে ?]

[Ans. 25 c.c. ; 10 c.c. CO_2 and 15 c.c. unused O_2]

2. 60 c.c. of a mixture of carbon monoxide and hydrogen yielded 20 c.c. of carbon dioxide after explosion with excess of of oxygen. What is the percentage of carbon monoxide in the mixture ?

[60 c.c. পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড এবং হাইড্রোজেনের একটি মিশ্রণ অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত প্রজ্জ্বলনের ফলে 20 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। মিশ্রণটিতে কার্বন মনোক্সাইডের শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর।]

[Ans. 33·33%]

3. 10 c.c. of oxygen are mixed with 50 c.c. of hydrogen both measured at N. T. P. and exploded. What volume if any, of gas will remain ?

[প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 10 c.c. অক্সিজেন ও 50 c.c. হাইড্রোজেন মিশ্রিত

করিয়া প্রজ্জ্বলন করা হইল। অবশিষ্ট কোন গ্যাস থাকিলে উহা কি, এবং উহার আয়তন কত ?] [Ans. 30 c.c. হাইড্রোজেন পড়িয়া থাকিবে।]

4. 100 c.c. of Carbon monoxide are mixed with 40 c.c. of oxygen and exploded. If the resultant mixture is shaken with caustic potash, what volume of the gas will remain and what gas will it be ?

[100 c.c. কার্বন মনোক্সাইডকে, 40 c c. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া প্রজ্জ্বলন করিবার পর মিশ্রণটিকে কষ্টিক পটাশ দিয়া আলোড়ন করিলে, কোন্ গ্যাস পড়িয়া থাকিবে এবং উহার আয়তন কত ?] [Ans. 20 c.c. CO]

5. 40 c.c. of a mixture of carbon monoxide and acytelene (C_2H_2) gases were mixed with 100 c.c. of oxygen in an eudiometer and fired. After cooling, the residual gas occupied 104 c.c. and after treatment with caustic potash the residual gas occupied 48 c.c., find the composition of the original mixture.

[কার্বন মনোক্সাইড ও এ্যাসিটিলিন (C_2H_2) গ্যাস মিশ্রণের 40 c c.-র সহিত 100 c.c. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া একটি গ্যাসমান যন্ত্রে প্রজ্জ্বল করা হইল। শীতল করিবার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 104 c.c. ; পরে কষ্টিক পটাশ যোগ করায় পূর্বোক্ত গ্যাস সংকুচিত হইয়া 48 c.c. হইল। প্রথম মিশ্রণটির সংযতি নির্ণয় কর।]

[Ans. 60% CO ; 40% C_2H_2]

6. What volume of air would be required for the complete combustion of 100 litres of gas containing hydrogen 46%, methane 40% and ethylene 14% by volume ? Air contains 21% by volume of oxygen.

[একটি গ্যাস মিশ্রণে আয়তন অনুপাতে 46% হাইড্রোজেন, 40% মিথেন এবং 14% ইথিলিন আছে। ঐ মিশ্রণের 100 লিটার লইয়া সম্পূর্ণ প্রজ্জ্বলন করিতে 21% অক্সিজেনযুক্ত বায়ু, কি পরিমাণে লাগিবে ?] [Ans. 690 47 litres]

7. 20 c.c. of a mixture of methane (CH_4) and hydrogen gas is mixed with 30 c c. of oxygen and exploded. On cooling, the volume becomes 15 c.c. and on treatment with caustic

potash the volume becomes 5 c.c., all measured at N. T. P. What weight of each gas did the original mixture contain ?

[মিথেন (CH_4) ও হাইড্রোজেনের একটি মিশ্রণের 20 c.c. লইয়া, 30 c.c. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া প্রজ্বলন করা হইল। প্রজ্বলন শেষে, মিশ্রণটিকে শীতল করিলে উহার আয়তন 15 c.c. হয় এবং উহাতে কষ্টিক পটাশ যোগ করিলে, আয়তন 5 c.c. হয় (আয়তনগুলি প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে নির্ধারিত হইয়াছে)। প্রথম মিশ্রণটিতে কোন্ গ্যাস কি পরিমাণ ওজনে ছিল ?]

[Ans. ·0072 gm. CH_4 ; ·0009 gm. H_2]

8. 25 c.c. of a mixture of gases consisting of nitrogen and nitric oxide (NO) is passed over ignited metallic copper and the resultant product collected and found to occupy 20 c.c. Ascertain the percentage composition of the original mixture, the gases being measured at the same temperature and pressure.

[নাইট্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডের (NO) একটি মিশ্রণের 25 c.c. লইয়া উত্তপ্ত কপারের উপর চালনা করা হইল এবং উৎপন্ন পদার্থগুলি সংগ্রহ করিয়া দেখা গেল উহার আয়তন 20 c.c.। পূর্বোক্ত মিশ্রণটির শতকরা মাত্রা সংযুতি নির্ণয় কর। সকল গ্যাসই অনুরূপ উষ্ণতা ও চাপে মাপা হইয়াছে।]

[Ans. 60% N_2 ; 40% NO]

9. 25 c.c. of marsh gas (CH_4) at N. T. P. are mixed with 300 c.c. of air at 27°C and 750 mm. pressure and the mixture is exploded by electric sparks. Find out the volume of the residual gas at 17°C and 750 mm. pressure. Air contains 20% Oxygen and 80% Nitrogen by volume.

[প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 25 c.c. মার্স গ্যাস (CH_4) এবং 27°C তাপে ও 750 mm. চাপে 300 c.c. বায়ুর একটি মিশ্রণে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ দেওয়া হইল। অবশিষ্ট গ্যাসের 17°C ও 750 mm. চাপে আয়তন নির্ণয় কর। বায়ুতে আয়তন হিসাবে 20% অক্সিজেন এবং 80% নাইট্রোজেন আছে।] [Ans. 265 c.c.]

10. 20 volumes of a gaseous hydrocarbon, mixed with 80 volumes of oxygen, gave 60 volumes after explosion and 20

volumes after shaking with caustic potash solution. **What was the gas?**

[20 **আয়তন একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত** 80 **আয়তন অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া প্রজ্বলন** করিলে দেখা গেল মিশ্রণের **আয়তন** 60 **এবং কষ্টিক পটাশের সহিত আলোড়ন করিলে** আয়তন 20 হইবে। গ্যাসটি কি?] [**Ans.** C_2H_4]

11. 12 c.c. **of** a gaseous hydrocarbon were mixed **with 90 c.c.** of oxygen and the mixture exploded in an eudiometer; after explosion the volume of mixture was 72 c.c. and on adding KOH 36 c.c. of it disappeared, leaving only oxygen. *What was the gas?*

[*12 c.c. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত 90 c.c. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া* **একটি** ইউডিয়োমিটার নলে প্রজ্বলন করা হইল; দেখা গেল গ্যাসমিশ্রের আয়তন **72 c.c.; অতঃপর** KOH যোগ করায় 36 c.c. গ্যাস অপসৃত হইল এবং কেবলমাত্র অক্সিজেন অবশিষ্ট থাকিল। গ্যাসটি কি?] [Ans. C_3H_6]

12. 9·3 c.c. of a gaseous hydrocarbon need for complete combustion 46·5 c.c. of oxygen, and give 27·9 c.c. of carbon dioxide. What is the gas?

[9·3 c.c. পরিমাণ কোন গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সম্পূর্ণ প্রজ্বলনের জন্য 46·5 c.c. অক্সিজেন প্রয়োজন এবং 27·9 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। গ্যাসটি কি?] [Ans. C_3H_8]

13. 10 c.c. of a gaseous hydrocarbon are exploded with 25 c.c of oxygen. The mixture contracts to 15 c.c. on adding KOH, a further contraction of 10 c.c. takes place and the residue is found to be pure oxygen. What is the molecular formula of the hydrocarbon if its density be 8?

[10 c.c. একটি হাইড্রোকার্বন গ্যাস 25 c.c. অক্সিজেন সহ মিশ্রিত করিয়া প্রজ্বলন করিলে মিশ্রের আয়তন সংকুচিত হইয়া 15 c.c. হইল। KOH যোগ করিলে আরও 10 c.c. আয়তন সংকোচন হয় এবং কেবলমাত্র বিশুদ্ধ অক্সিজেন অবশিষ্ট থাকে। গ্যাসটির ঘনত্ব 8 হইলে উহার আণবিক সংকেত কি হইবে?]

[**Ans.** CH_4]

14. A gas contains carbon and hydrogen only. 5 c.c. of it were exploded with excess of oxygen and a contraction of 10 c.c. took place. On adding KOH solution, there was a further contraction of 10 c.c. Find the formula of the gas.

[5 c.c. পরিমাণ কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত একটি গ্যাসের সহিত অতিরিক্ত অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া প্রজ্জ্বলন করিলে 10 c.c. আয়তন সংকুচিত হয়। KOH দ্রবণ যোগ করিলে আরও 10 c.c. আয়তন সংকুচিত হয়। গ্যাসটির সংকেত নির্ণয় কর।] [Ans. C_2H_4]

15. 60 c.c. of a gaseous compound of nitrogen and hydrogen were sparked until the gas was completely decomposed into nitrogen and hydrogen, the volume of the gas being doubled. 50 c.c. of oxygen were now added to the gas mixture and exploded. On cooling and treatment with alkaline Pyrogallate solution, it was found that 45 c.c. of oxygen had been used. Find the formula of the gaseous compound.

[60 c.c. পরিমাণ নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত একটি গ্যাসীয় পদার্থে বিদ্যুৎ স্ফুলিংগ দেওয়া হইল যতক্ষণ পর্য্যন্ত না ইহা নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে বিয়োজিত হয় এবং দেখা গেল ইহার আয়তন দ্বিগুণ হইয়াছে। 50 c.c. অক্সিজেন মিশ্রণে যোগ করিয়া প্রজ্জ্বলন করা হইল। শীতল হইলে, ইহা ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দ্বারা আলোড়িত করায় দেখা গেল 45 c.c. অক্সিজেন ব্যবহৃত হইয়াছে। গ্যাসীয় পদার্থটির সংকেত নির্ণয় কর।] [Ans. NH_3]

৭

*· নাম প্রকরণ এবং রাসায়নিক নামমালা

(Terminology and Chemical Nomenclature)

অম্ল, ক্ষারক এবং লবণ

(Acids, Bases and Salts)

মৌলের নাম (**Names of Elements**) :—বর্তমানে মৌলিক পদার্থগুলিকে যে নামে অভিহিত করা হয় তাহা কোন বৈজ্ঞানিক নিয়ম অবলম্বন করিয়া হয় নাই। সাধারণতঃ মৌলগুলির রং, প্রাপ্তিস্থান এবং স্বাভাবিক ধর্মের উপর ভিত্তি করিয়া নামকরণ করা হইয়াছে। যেমন ক্লোরিনের সবুজ রং হইতে উহার ঐরূপ নাম হইয়াছে। ষ্ট্রনশিয়াম (Strontium) নামটি, উহার প্রাপ্তিস্থান স্কটল্যাণ্ডের অন্তর্গত একটি স্থানের নাম হইতে উদ্ভূত। হাইড্রোজেন—জল উৎপাদক, অক্সিজেন—অম্ল উৎপাদক, নাইট্রোজেন—সোরা উৎপাদক, আরগন নামটি উহার নিষ্ক্রিয়তাবোধক, ইউরেনিয়াম ((Uranium) নামটি, ইউরেনস গ্রহ হইতে গৃহীত।

সাধারণতঃ মৌল ধাতু হইলে—উহার ইংরাজী নামের শেষে—'আম' (—'um') শব্দাংশটি যোগ করা হয়। যেমন, সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ইত্যাদি।

মৌল অধাতু হইলে—উহার ইংরাজী নামের শেষে—'এন' (—en), —'ইন' (—ine), —'অন' (—on), ইত্যাদি থাকে। যেমন, হাইড্রোজেন (Hydrogen), আয়োডিন (Iodine), কার্বন (Carbon), ইত্যাদি। অবশ্য ইহার ব্যতিক্রম আছে।

যৌগের নাম (**Names of Compounds**) :—দুই বা ততোধিক মৌলের সংযোগে যৌগিক পদার্থ গঠিত হয়। যখন দুইটি মাত্র মৌলিক পদার্থের সংযোগে একটি যৌগিক পদার্থ গঠিত হয়, তখন ইহাকে **দ্বিযৌগিক পদার্থ** বা **দ্বিযৌগ** (**Binary Compound**) বলে। ইহাদের নামের শেষে—'আইড' (—ide) যুক্ত থাকে এবং দুইটি মৌলের নামই ব্যবহৃত হয়। মৌল দুইটির মধ্যে যদি একটি ধাতু বা পরাবিদ্যুৎধর্মী (electro-positive) বা হাইড্রোজেন হয়, তাহা হইলে উহার নাম প্রথমে লিখিতে হয়।

* নাম প্রকরণ ও রাসায়নিক নামমালা পাঠ্য বিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে ; ছাত্রদের রাসায়নিক নাম প্রকরণ-বিষয়ে সম্যক জ্ঞানলাভের জন্য ইহা দেওয়া হইল। অম্ল, ক্ষারক ও লবণ বিষয়ে আয়নীয় মতবাদ (Ionic theory) ৩য় খণ্ডে দ্রষ্টব্য।

CuO—কপার অক্সাইড (Copper oxide)

CS_2—কার্বন ডাইসালফাইড (Carbon disulphide)

$CaCl_2$—ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (Calcium Chloride)

H_2S—হাইড্রোজেন সালফাইড (Hydrogen sulphide), ইত্যাদি।

কিন্তু সংযুক্ত মৌলিক পদার্থ দুইটিই অধাতু হইলে, উহাদের মধ্যে যেটি অধিকতর অপরাবিদ্যুৎধর্মী (electro-negative) তাহা পরে লিখিতে হয়।

অনেক সময় পরমাণুর সংখ্যা বুঝাইবার জন্য মৌলের নামের পূর্বে, **মনো** (mono—এক), **ডাই** (di—দুই), **ট্রাই** (tri—তিন), **টেট্রা** (tetra—চার), **পেণ্টা** (penta—পাঁচ) ব্যবহৃত হয়। যেমন,

CO—কার্বন **মনো**ক্সাইড (Carbon **mono**xide)

CO_2—কার্বন **ডাই**অক্সাইড (Carbon **di**oxide)

PCl_3—ফসফরাস **ট্রাই**ক্লোরাইড (Phosphorous **tri**chloride)

CCl_4—কার্বন **টেট্রা**ক্লোরাইড (Carbon **tetra**chloride)

PCl_5—ফসফরাস **পেণ্টা**ক্লোরাইড (Phosphorous **penta**chloride)

দুইটি মৌলিক পদার্থ যখন একাধিক যৌগ গঠন করে, তখন যেটিতে ধাতুর পরিমাণ বেশী থাকে তাহাকে ধাতুর নামের সহিত **'আস্'** (—**ous**) যোগ করিয়া উল্লেখ করা হয় এবং যেটিতে ধাতুর পরিমাণ কম থাকে তাহাকে ধাতুর নামের সহিত **'ইক'** (—**ic**) যোগ করিয়া উল্লেখ করা হয়। যেমন,

Cu_2O—কিউ**প্রাস** অক্সাইড (Cupr**ous** oxide)

CuO—কিউ**প্রিক** অক্সাইড (Cupr**ic** oxide)

$FeCl_2$—ফে**রাস** ক্লোরাইড (Ferr**ous** chloride

$FeCl_3$—ফে**রিক** ক্লোরাইড (Ferr**ic** chloride)

এই উদাহরণগুলি হইতে ইহা লক্ষ্য করা যাইতেছে যে, -'আস' যৌগগুলির যোজ্যতা কম এবং -'ইক' যৌগগুলির যোজ্যতা বেশী। সর্বাধিক মাত্রায় অধাতু মৌলের উপস্থিতি বুঝাইতে যৌগের নামের সহিত **'পার'** (**Per**) যোগ করা হয়। যেমন,

H_2O_2—হাইড্রোজেন **পার** অক্সাইড (Hydrogen **Per**oxide)

কোন মৌল বা মূলকের সহিত **হাইড্রক্সিল** (—OH) মূলক (radical) থাকিলে নামের শেষে **হাইড্রক্সাইড** যোগ করিতে হয়। যেমন,

KOH—পটাশিয়াম **হাইড্রক্সাইড** (Potassium **hydroxide**)

NH_4OH—এ্যামোনিয়াম **হাইড্রক্সাইড** (Ammonium **hydroxide**)

তিনটি বিভিন্ন মৌলের সংযোগে গঠিত যৌগিক পদার্থকে **ত্রিযৌগিক পদার্থ** (**Ternary Compounds**) বলা হয়। যেমন,

$KClO_3$, H_2SO_4, HNO_3, ইত্যাদি।

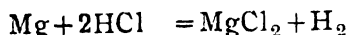
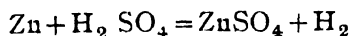
সেইরূপ, চারিটি বিভিন্ন মৌলের সমবায়ে গঠিত যৌগিক পদার্থকে **চতুর্যৌগিক পদার্থ** (**Quaternary Compounds**) বলা হয়। যেমন, $NaHSO_4$, $KHSO_4$, Na_2HPO_4, ইত্যাদি।

অম্ল বা এ্যাসিড (**Acids**) :—পৃথিবীতে অগণিত যৌগিক পদার্থ আছে। বিভিন্ন রাসায়নিক ধর্ম অনুযায়ী অগণিত যৌগ সমূহকে বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে। ইহাদের মধ্যে **অম্ল বা এ্যাসিড** (**acid**), **ক্ষারক** (**base**) ও **লবণ** (**salt**) তিনটি প্রধান শ্রেণী। রাসায়নিক বিক্রিয়া অনুধাবনের জন্য এ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণ সম্বন্ধে প্রাথমিক জ্ঞান বিশেষভাবে প্রয়োজন।

এ্যাসিড শব্দের অর্থ অম্ল। ইহা ল্যাটিন শব্দ 'sour' (অম্ল) হইতে উদ্ভূত। সমস্ত এ্যাসিডেই কতকগুলি ধর্ম লক্ষ্য করা যায়। যেমন,

প্রত্যেক এ্যাসিডেই অম্ল স্বাদ আছে। তেঁতুল, কমলা, লেবু, দই প্রভৃতি অম্ল স্বাদযুক্ত বস্তুর মধ্যে এ্যাসিড বর্তমান। এ্যাসিড মাত্রই **নীল লিটমাসকে লাল করে** (**turns blue litmus red**) প্রতিটি **এ্যাসিড অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিবেই**। এই হাইড্রোজেন পরমাণুকে ধাতব পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত (replaced) করা যায় এবং প্রতিস্থাপনের ফলে হাইড্রোজেন গ্যাস উদ্ভূত হয়। যেমন,

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

এ্যাসিড তীব্রভাবে ক্ষারের (alkali) সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ (salt) উৎপন্ন করে।

অতএব এ্যাসিডের সংজ্ঞায় (definition) বলা যায়—

প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনযুক্ত (replaceable hydrogen) যৌগিক পদার্থকে এ্যাসিড বলা হয়; এই প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে, ধাতব পরমাণু বা ধাতু-প্রতিভূ মৌলবর্গ দ্বারা আংশিক বা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণ জাতীয় পদার্থ উৎপন্ন করে। যেমন, সালফিউরিক এ্যাসিডের (H_2SO_4) দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু সোডিয়াম ধাতুর পরমাণু দ্বারা আংশিক প্রতিস্থাপিত হইয়া $NaHSO_4$ লবণ উৎপন্ন হয় এবং সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হইয়া Na_2SO_4 লবণ উৎপন্ন হয়। সেইরূপ ধাতু

প্রতিভূ মৌলবর্গ যেমন NH_4 দ্বারা আংশিক প্রতিস্থাপন করিলে $(NH_4)HSO_4$; এবং সম্পূর্ণ প্রতিস্থাপন করিলে $(NH_4)_2SO_4$ লবণ উৎপন্ন হয়। কিন্তু কোন যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণু যদি ধাতব পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত না হয় বা উহার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলেও যদি লবণ প্রস্তুত না হয় তাহা হইলে ঐ যৌগিককে এ্যাসিড বলা হইবে না। যেমন মিথেন (CH_4) গ্যাসের অণুতে 4টি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিলেও উহারা ধাতব পরমাণুদ্বারা প্রতিস্থাপনীয় নহে। আবার জলের (H_2O) দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু সোডিয়াম ধাতুর পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলেও লবণ উৎপন্ন হয় না। সুতরাং মিথেন ও জল এ্যাসিড নহে। এ্যাসিডকে দুইটি শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে, যথা—

হাইড্রা-এ্যাসিড (hydracids) ও অক্‌সি-এ্যাসিড (oxyacids)।

যে সকল এ্যাসিডে কেবলমাত্র হাইড্রোজেন ও আর একটি অধাতব মৌল বা মূলক (অক্‌সিজেন ব্যতীত) থাকে তাহাদের হাইড্রাসিড (hydracids) বলা হয়।

এই সকল এ্যাসিডের নামের পূর্বে **'হাইড্রো'** (**hydro**) এবং পরে **'ইক'** (**-ic**) যুক্ত থাকে। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড (HCl), হাইড্রোব্রোমিক এ্যাসিড (HBr), হাইড্রোসায়ানিক এ্যাসিড (HCN), ইত্যাদি।

যে সকল এ্যাসিডে হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেন পরমাণু ও আর একটি মৌল বা মূলক থাকে তাহাদের অক্‌সি-এ্যাসিড (oxyacids) বলা হয়। অক্‌সি-এ্যাসিডের অণুতে অক্‌সিজেন পরমাণুর অনুপাত বেশী থাকিলে নামের শেষে -**'ইক'** (**-ic**) এবং কম থাকিলে নামের শেষে -**'আস'** (**-ous**) যোগ করিতে হয়। যেমন,

সালফিউরিক এ্যাসিড—H_2SO_4 সালফিউরাস এ্যাসিড—H_2SO_3

নাইট্রিক এ্যাসিড—HNO_3 নাইট্রাস এ্যাসিড—HNO_2 ইত্যাদি।

কিন্তু অক্‌সি-এ্যাসিডে অক্‌সিজেন পরমাণুর অনুপাত -'আস' এ্যাসিড অপেক্ষা কম থাকিলে নামের পূর্বে **'হাইপো'** (**hypo**) যোগ করিতে হয়। সেইরূপ অক্‌সিজেন পরমাণুর অনুপাত 'ইক' এ্যাসিড অপেক্ষা বেশী থাকিলে নামের পূর্বে **'পার'** (**Per**) যোগ করিতে হয়। যেমন,

ক্লোরাস এ্যাসিড—$HClO_2$ হাইপোক্লোরাস এ্যাসিড—HClO

ক্লোরিক এ্যাসিড—$HClO_3$ পারক্লোরিক এ্যাসিড—$HClO_4$

কার্বন হইতে উৎপন্ন এবং উদ্ভিজ্জ বা প্রাণীজ উৎস হইতে প্রাপ্ত এ্যাসিডকে **জৈব এ্যাসিড (Organic acid)** বলা হয়।

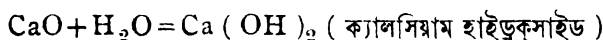
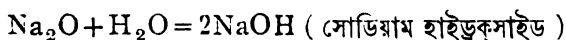
অ্যাসেটিক অ্যাসিড (acetic acid), সাইট্রিক অ্যাসিড (citric acid), **ল্যাকটিক** অ্যাসিড (lactic acid), টারটারিক অ্যাসিড (tartaric acid) প্রভৃতি জৈব অ্যাসিডের উদাহরণ।

খনিজ উৎস বা অজৈব উৎস হইতে প্রাপ্ত অ্যাসিডকে **অজৈব অ্যাসিড (Inorganic** বা **Mineral acid**) বলা হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রভৃতি অজৈব অ্যাসিডের উদাহরণ।

ক্ষারক (**Base**):—সাধারণতঃ ধাতু অক্সিজেনে বা বায়ুতে দহন হইলে ধাতব অক্সাইড গঠিত হয়। অতএব ধাতব অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হইলে ধাতব হাইড্রক্সাইড গঠিত হয়। অতএব ধাতব হাইড্রক্সাইডকে ধাতুর অক্সাইড ও জলের মিলিত রাসায়নিক যৌগিকরূপে গণ্য করা যায়।

$Na_2O + H_2O = 2NaOH$ (সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড)

$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$ (ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড)

যে সকল যৌগিক পদার্থ অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাহাদের ক্ষারক (Base) বলা হয়। সাধারণতঃ ধাতব অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডগুলি অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে। অতএব উহাদের ক্ষারক বলা হয়।

অর্থাৎ ক্ষারক + অ্যাসিড = লবণ + জল

Base + acid = salt + water

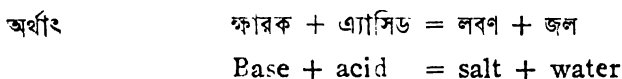
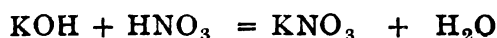
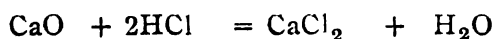
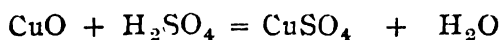
নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল :—

$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$

ক্ষারক অ্যাসিড লবণ জল

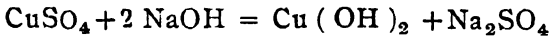
$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$

ক্ষারক অ্যাসিড লবণ জল

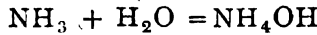
$KOH + HNO_3 = KNO_3 + H_2O$

ক্ষারক অ্যাসিড লবণ জল

জলে দ্রবণীয় ধাতব হাইড্রক্সাইডকে ক্ষার (alkali) বলে।

ক্ষারের কতকগুলি বৈশিষ্ট্য (characteristic) আছে। যেমন, ক্ষার জলে দ্রবণীয় এবং ইহার জলীয় দ্রবণ স্পর্শে সাবানের ন্যায় পিচ্ছিল। **ক্ষারের জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে।** ইহা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন

করে। ইহাদের জলীয় দ্রবণ বিদ্যুৎ পরিবাহী। ইহারা কোন ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে যুক্ত হইলে, ধাতব হাইড্রক্সাইডকে অধঃক্ষিপ্ত করে। যথা—

$$CuSO_4 + 2\,NaOH = Cu(OH)_2 + Na_2SO_4$$

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কষ্টিক সোডা ($NaOH$), পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কষ্টিক পটাশ (KOH), ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$] প্রভৃতি ক্ষারের উদাহরণ। এ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Al(OH)_3$], ফেরিক হাইড্রক্সাইড [$Fe(OH)_3$] প্রভৃতি হাইড্রক্সাইড জলে দ্রবণীয় নয়। অতএব ইহারা ক্ষার (alkali) নহে কিন্তু ইহারা ক্ষারক (base)।

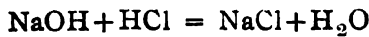
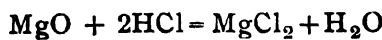
এ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইয়া এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে এবং ইহা ক্ষার সদৃশ। কারণ এ্যামোনিয়াম মূলক (NH_4-) ধাতব পরমাণুর ন্যায় ক্রিয়া করে।

$$NH_3 + H_2O = NH_4OH$$

এ্যামোনিয়া (NH_3), ফসফিন (PH_3) ও এ্যামোনিয়ার সহিত সম্বন্ধযুক্ত এ্যামিন (amine) জাতীয় কতকগুলি জৈব পদার্থ অক্সাইড বা হাইড্রকসাইড না হইলেও ইহাদের ক্ষারক বলা হয়, কারণ ইহারা এ্যাসিড সহযোগে লবণ জাতীয় পদার্থ উৎপন্ন করে।

লবণ (Salts) ঃ—সাধারণতঃ লবণ বলিতে খাদ্য লবণ—সোডিয়াম ক্লোরাইডকে বুঝায়। কিন্তু রাসায়নিক অর্থে লবণ বলিতে বুঝায়—কোন **এ্যাসিড অণুর প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুকে (replaceable hydrogen atom) ধাতব পরমাণু বা ধাতুপ্রতিভূ মৌলবর্গের দ্বারা আংশিক বা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপন করিলে, যে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে লবণ (salt) বলা হয়। অন্যভাবে বলা যায় যে, এ্যাসিড ও ক্ষারক পরস্পর দ্বারা প্রশমিত (neutralise) হইলে জল ভিন্ন অন্য যে যৌগটি উৎপন্ন হয় তাহাকে লবণ বলে।** যেমন

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

ক্ষারক এ্যাসিড লবণ জল

$$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$$

ক্ষারক এ্যাসিড লবণ জল

লবণের বিভিন্ন ধরণের স্বাদ থাকিতে পারে। আবার কোন কোন লবণ স্বাদহীন হয়। কতকগুলি লবণের আবার বিভিন্ন রকমের বর্ণ থাকিতে পারে। লবণ কেলাসিত

ও কঠিন অবস্থায় থাকে। ইহা গলিত ও জলে দ্রবীভূত অবস্থায় ভাল বিদ্যুৎ পরিবাহী। লবণ তিন প্রকারের হইতে পারে। যথা—**শমিত লবণ** বা **পূর্ণ লবণ** (**Normal salts**), **এ্যাসিড লবণ** (**Acid salts or Bi salts**) এবং **ক্ষার লবণ** (**Basic salts**)। কোন এ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতব পরমাণু বা ধাতুপ্রতিভূ মৌলবর্গের দ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ প্রস্তুত হয় তাহাকে **শমিত লবণ (Normal salts)** বলে। যেমন, H_2SO_4 হইতে K_2SO_4, HNO_3 হইতে $NaNO_3$ প্রভৃতি শমিত লবণের উদাহরণ।

কোন এ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতব পরমাণু বা ধাতব মৌলবর্গের দ্বারা আংশিকভাবে প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ প্রস্তুত হয় তাহাকে **এ্যাসিড সল্ট** (**Acid salts**) বলে যেমন, H_3PO_4 হইতে NaH_2PO_4 এবং Na_2HPO_4 প্রভৃতি এ্যাসিড লবণের উদাহরণ।

শমিত লবণ প্রস্তুত হইতে যে পরিমাণ ক্ষারক প্রয়োজন তাহা হইতে অধিক পরিমাণ ক্ষারকের সহিত কোন এ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে যে লবণ প্রস্তুত হয় তাহাকে **ক্ষার লবণ** (**Basic salts**) বলে। যেমন, ক্ষারীয় কপার কার্বনেট ($CuCO_3$), $Cu(OH)_2$। কোন ক্ষার অণুর হাইড্রক্সিল মূলক (-OH) আংশিক ভাবে $-SO_4$, $-NO_3$ প্রভৃতি এ্যাসিড মূলক দ্বারা আংশিক ভাবে প্রতিস্থাপিত হইলেও ক্ষার লবণ প্রস্তুত হয়। যেমন $Pb(OH)_2$ হইতে ক্ষারীয় লেড নাইট্রেট $Pb(OH)NO_3$ প্রস্তুত হয়।

সাধারণতঃ যে এ্যাসিড হইতে লবণ উৎপন্ন হয়, সেই এ্যাসিডের নামানুসারে লবণটির নামকরণ করা হইয়া থাকে। **অক্সি-এ্যাসিডের ক্ষেত্রে,** যে সকল এ্যাসিডের শেষে-'অাস' (-ous) যুক্ত থাকে তাহাদের লবণের শেষে **'আইট'** (**-ite**)শব্দটি যুক্ত করিতে হয়; এবং যে সকল এ্যাসিডের শেষে-'ইক' যুক্ত থাকে তাহাদের লবণের শেষে **-'এট'** (**-ate**) শব্দটি যুক্ত করিতে হয়। যেমন, সালফিউরাস এ্যাসিড (H_2SO_3) হইতে সোডিয়াম সালফাইট (Na_2SO_3), সালফিউরিক এ্যাসিড (H_2SO_4) হইতে সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4), নাইট্রাস এ্যাসিড (HNO_2) হইতে এ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট (NH_4NO_2), নাইট্রিক এ্যাসিড (HNO_3) হইতে এ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) ইত্যাদি। কিন্তু **হাইড্রাসিডের ক্ষেত্রে,** উৎপন্ন লবণগুলির নামকরণের সময় **'হাইড্রো'** (**hydro**) কথাটি লোপ পায় এবং নামের শেষে **-'ইক'** (**-ic**) কথাটি 'আইডে' (ide) রূপান্তরিত করা হয়। যেমন,

হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড (HCl)—হইতে পটাশিয়াম ক্লোরাইড (KCl), হাইড্রোব্রোমিক এ্যাসিড (HBr) হইতে সোডিয়াম ব্রোমাইড (NaBr), ইত্যাদি।

ধাতব লবণগুলিতে ধাতুর যোজ্যতা (valency) বিভিন্ন হইতে পারে। এই সকল ক্ষেত্রে, ধাতুর যোজ্যতা কম হইলে ইহার লবণের নামকরণে ধাতুর নামের শেষে (-'আস') (-'ous') শব্দটি যোগ করিতে হয় এবং ধাতুর যোজ্যতা বেশী হইলে ধাতুর নামের শেষে -'ইক' (-ic) শব্দটি যোগ করিতে হয়। যেমন,

ফেরাস সালফেট—$FeSO_4$ ফেরিক সালফেট—$Fe_2(SO_4)_3$

স্টানাস্ ক্লোরাইড—$SnCl_2$ স্টানিক্ ক্লোরাইড—$SnCl_4$, ইত্যাদি।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. Define acids, bases and salts. What are their characteristic properties ? Give examples.

[এ্যাসিড, ক্ষারক এবং লবণের সংজ্ঞা লিখ। উহাদের বৈশিষ্ট্যগত ধর্ম উদাহরণসহ আলোচনা কর।]

2. What are acids ? Name three most important mineral acids.

[এ্যাসিড কি ? তিনটি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় অজৈব এ্যাসিডের নাম লিখ।]

3. What are the properties of an acid ? A solution turns blue litmus red. Is this a sufficient information to call the solution an acid ?

[এ্যাসিডের ধর্ম কি কি ? একটি দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। ইহাই কি দ্রবণটিকে এ্যাসিড বলিবার যথেষ্ট পরিচয় ?]

4. What is meant by a base ? Is there any difference between a base and an alkali ? Is Sodium carbonate a base ?

[ক্ষারক বলিতে কি বুঝ ? ক্ষারক এবং ক্ষারের মধ্যে পার্থক্য কি ? সোডিয়াম কার্বনেট কি একটি ক্ষারক ?]

5. Define 'salt'. How will you classify salts ? Classify the following—sodium bicarbonate, copper chloride, and sodium nitrate.

[লবণের সংজ্ঞা লিখ। লবণগুলিকে কি ভাবে শ্রেণী বিভাগ করিবে ? নিম্নলিখিত লবণগুলির শ্রেণী বিভাগ কর—সোডিয়াম বাইকার্বনেট, কপার ক্লোরাইড, এবং সোডিয়াম নাইট্রেট।]

6. You are given a liquid ; what experiments would you perform to identify whether the above liquid is an acid, alkali or a salt ?

[তোমাকে একটি তরল দেওয়া হইল ; কি কি পরীক্ষা দ্বারা তরলটি এ্যাসিড, ক্ষার বা লবণ বলিয়া চিনিবে ?]

৮

হাইড্রোজেন পারক্সাইড
(Hydrogen Peroxide)

আণবিক সংকেত-H_2O_2 আণবিক গুরুত্ব-34

ইতিহাস (History) :—১৮১৮ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **থেনার্ড (Thenard)** প্রথম হাইড্রোজেন পারক্সাইড আবিষ্কার করেন।

অবস্থান (Occurrence) :—বায়ুতে এবং কোন কোন উদ্ভিদে অতি অল্প পরিমাণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড পাওয়া যায়। অক্সিজেন-দ্রবীভূত জলে অতি বেগুনী-রশ্মি বা রেডিয়াম-রশ্মি ফেলিলে অল্প পরিমাণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রস্তুতি :
(Preparation of Hydrogen Peroxide)

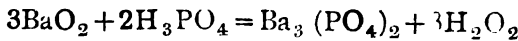
ধাতব পারক্সাইড (বেরিয়াম পারক্সাইড, সোডিয়াম পারক্সাইড, ইত্যাদি) ও ঠাণ্ডা এবং লঘু অজৈব এ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়।

রসায়নাগার পদ্ধতি (Laboratory Process) :—বরফে আবৃত একটি বীকারে কিছু পরিমাণ সোদক (hydrated) বেরিয়াম পারক্সাইডের ($BaO_2, 8H_2O$) চূর্ণ লইয়া উহাতে অল্প পরিমাণ জল মিশ্রিত করিয়া একটি লেই (paste) তৈয়ারী করা হয়। [এইরূপ করার উদ্দেশ্য হইল, শুষ্ক (anhydrous) বেরিয়াম পারক্সাইড সহজে লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে না, কারণ বেরিয়াম পারক্সাইডের কণাগুলির উপর অদ্রবণীয় বেরিয়াম সালফেটের আবরণ থাকে।] আর একটি বীকারে কিছু পরিমাণ লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড (1 ভাগ এ্যাসিড ও 5 ভাগ জল) লইয়া বীকারটিকে বরফ টুকরার উপর বসাইয়া হিম-শীতল করা হয়। এখন, লেইটি লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড দ্রবণে ধীরে ধীরে যোগ করিয়া কাচ দণ্ডের দ্বারা আলোড়ন করা হয়। বেরিয়াম পারক্সাইডের পরিমাণ এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করিতে হয় যাহাতে দ্রবণটি শেষ পর্য্যন্ত অম্লধর্মী (acidic) থাকে। কারণ এ্যাসিড মাধ্যমে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। বেরিয়াম পারক্সাইড ও লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে অদ্রবণীয় বেরিয়াম সালফেট ($BaSO_4$) ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়।

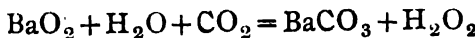
$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$

দ্রবণটিকে কিছুক্ষণ নিশ্চল রাখিয়া দিলে, অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট সাদা অধঃক্ষেপরূপে নীচে জমা হইবে এবং উপরে স্বচ্ছ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ পাওয়া যাইবে। ফিলটার কাগজ দ্বারা পরিস্রাবণ করিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যাইবে। ইহাতে অতিরিক্ত সালফিউরিক এ্যাসিড প্রশমিত (neutralise) করিবার জন্য বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিয়া পুনরায় পরিস্রাবণ করা হয়। যে পরিস্রুতটি (filtrate) পাওয়া যায় তাহা 10% হইতে 20% হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ।

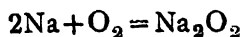
অন্যান্য পদ্ধতি (Other Processes) :—১। উপরোক্ত প্রক্রিয়ায়, অনেক সময় সালফিউরিক এ্যাসিডের পরিবর্তে ফসফরিক এ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। বিক্রিয়াটি ঘটে এইভাবে—

$$3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 + 3H_2O_2$$

হাইড্রোজেন পারক্সাইড খুব অস্থায়ী এবং সহজেই বিয়োজিত (decomposed) হইয়া যায়। এই পদ্ধতিটি অনুসরণ করা অধিক বাঞ্ছনীয়, কারণ উৎপন্ন হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে অতিরিক্ত ফসফরিক এ্যাসিড থাকিয়া যায় এবং উহা প্রতিকূল প্রভাবকরূপে (negative catalyst) ক্রিয়া করে। ফলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়।

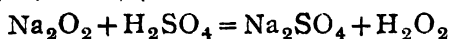
২। একটি পাত্রে জলের মধ্যে কিছু পরিমাণ বেরিয়াম পাররক্সাইড মিশ্রিত করা হয়। বেরিয়াম পারক্সাইড জলে অদ্রবণীয়, সুতরাং ইহা জলে ভাসমান বা প্রলম্বিত (suspended) অবস্থায় থাকিবে। এখন পাত্রটিকে বরফকুচির দ্বারা আবৃত করিয়া রাখা হয় যাহাতে ইহার উষ্ণতা 0°C কাছাকাছি থাকে। এই অবস্থায় পাত্রটির মধ্যে ক্রমাগত কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রবাহ পাঠান হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও অদ্রবণীয় বেরিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$BaO_2 + H_2O + CO_2 = BaCO_3 + H_2O_2$$

পরিস্রাবণ করিলে বেরিয়াম কার্বনেট এবং অপরিবর্তিত বেরিয়াম পারক্সাইড পৃথক হইয়া যায় এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

৩। **মার্ক পদ্ধতি (Merck's Process) :**—সোডিয়াম ধাতুকে অতিরিক্ত অক্সিজেনে দহন করিলে সোডিয়াম পারক্সাইড (Na_2O_2) উৎপন্ন হয়।

$$2Na + O_2 = Na_2O_2$$

বরফে আবৃত একটি পাত্রে 20% সালফিউরিক এ্যাসিড লইয়া ইহাতে এই সোডিয়াম

পারক্সাইড পরিমাপ মত ধীরে ধীরে যোগ করা হয়। ফলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

দ্রবণটি আরও শীতল হইলে অধিকাংশ সোডিয়াম সালফেট গ্লবার লবণরূপে (Glauber's salt—Na_2SO_4, $10H_2O$) কেলাসিত হইয়া যায়। পরিস্রাবণ করিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। অম্লপ্রেষ পাতনের (vacuum distillation) সাহায্যে দ্রবণকে গাঢ় করিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পরিমাণ 30% হয়। ইহাই বাজারে **মার্ক-এর পারহাইড্রল** (**Merck's Perhydrol**) নামে বিক্রয় হয়।

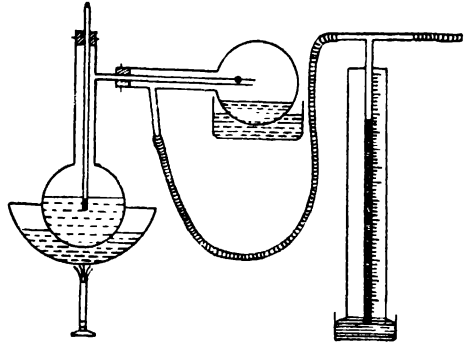
বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড (**Pure Hydrogen Peroxide**):— হাইড্রোজেন পারক্সাইড যে-ভাবেই প্রস্তুত করা হউক না কেন ইহা সর্বদা জল মিশ্রিত দ্রবণরূপে পাওয়া যায়। জল অপসারণ করিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড পাওয়া খুবই কষ্টসাধ্য। কারণ, পাতন প্রক্রিয়ায় জল দূর করিতে গেলে, হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন ও জলে পরিণত হয়। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড পাইতে হইলে নিম্নলিখিত প্রণালী অবলম্বন করা হয়।

জল হাইড্রোজেন পারক্সাইড অপেক্ষা অধিক উদ্বায়ী (volatile); অর্থাৎ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের আগেই জল বাষ্পীভূত হয়। সেইজন্য হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ প্রথমে একটি থালার মত বিস্তৃত পাত্রে রাখিয়া একটি জলগাহের (water bath) উপর 60°–70°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ফলে জল আংশিকভাবে দূরীভূত হয় এবং প্রায় 66% ঘন হাইড্রোজেন পারক্সাইড পাওয়া যায়। এই 66% হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে 99·1% করিতে হইলে **অম্লপ্রেষ পাতন বা কম চাপে পাতন** (**vacuum distillation** or **distillation under reduced pressure**) করিতে হয়।

[কোন তরল পদার্থের স্ফুটনকালে, বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়। এখন তরলের উপর চাপ বৃদ্ধি করিলে স্ফুটনাংক বৃদ্ধি পায় এবং চাপ কমাইলে স্ফুটনাংক হ্রাস পায়। সেইজন্য যে সকল পদার্থ অধিক তাপ সহ্য করিতে পারে না বা স্বাভাবিক চাপে বাষ্পীভূত হইবার পূর্বেই বিয়োজিত হয় তাহাদের পাতন করিতে হইলে চাপমাত্রা হ্রাস করিতে হয়, ফলে তরলটি বিয়োজিত না হইয়া নিম্ন উষ্ণতায় পাতিত হয়।]

প্রথমে 66% ঘন হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণটি একটি পাতন ফ্লাস্কে (distilling flask) লইয়া ছিপির সাহায্যে ফ্লাস্কের মাথায় একটি থার্মোমিটার লাগান হয়। পাতন ফ্লাস্কের পার্শ্বনলের (side tube) সহিত আর একটি প্রায় সম আয়তন পাতন ফ্লাস্কের

মুখ ছিদ্রযুক্ত কর্কের সাহায্যে যুক্ত করা হয়। দ্বিতীয় ফ্লাস্কটি গ্রাহকের (receiver) কাজ করে।

গ্রাহকটিকে হিম-শীতল জল দ্বারা শীতল করিবার ব্যবস্থা করা হয় এবং উহার পার্শ্ব নলটিতে একটি রবারের নল যুক্ত করা হয়। রবারের নলটি বায়ু নিষ্কাশক (air exhaust) পাম্পের সহিত যুক্ত করা হয়। পাতন ফ্লাস্কটিকে একটি জলগাহের (water bath) উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। এখন নিষ্কাশন পাম্পটি চালাইয়া দিলে পাতন ফ্লাস্কের মধ্যের বায়ুর চাপ কমিয়া যায় এবং প্রায় 35°—40°C উষ্ণতায় জল পাতিত হইয়া গ্রাহকে জমা হয়। সমস্ত জল পাতিত হইলে গ্রাহকটি যন্ত্র হইতে খুলিয়া পাতিত জল বাহির করিয়া দিয়া পুনরায় পাতন ফ্লাস্কের সহিত যুক্ত করিয়া দিতে হয়। এইবার পাতন ফ্লাস্কের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া 70°C করিলে 26 mm. চাপে হাইড্রোজেন পারক্সাইড পাতিত হইয়া গ্রাহকে জমা হয়। এইরূপ হাইড্রোজেন পারক্সাইডে 99·1% বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড থাকে। এখন এই হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে একটি গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড পূর্ণ বায়ুশূন্য শোষকাধারে (vacuum desiccator) রাখিয়া দিলে, 100% ঘন ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড পাওয়া যায়।

অনুপ্রেষ পাতন

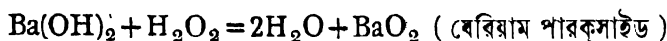
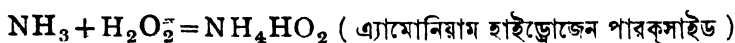
হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ধর্ম ঃ
(Properties of Hydrogen Peroxide)

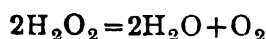
ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :—বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড সাধারণ অবস্থায় বর্ণহীন, স্বচ্ছ, তরল পদার্থ। ঘনস্তরে ইহা নীলাভ দেখায়। ইহা সিরাপের ন্যায় ঘন পদার্থ এবং 0°C-য়ে ইহার ঘনত্ব 1·46। জল অপেক্ষা ইহা কম উদ্বায়ী এবং 151°C-য়ে ইহা বিস্ফোরণসহ ফুটিতে থাকে। নাইট্রিক এ্যাসিডের মত ইহার তীব্র গন্ধ আছে। জলের সহিত ইহা যে-কোন অনুপাতে মিশিতে পারে।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিশুদ্ধাবস্থায় অম্লধর্মী (acidic) এবং নীল লিটমাসকে লাল করে। কিন্তু জলীয়

দ্রবণে ইহা নিরপেক্ষ (neutral)। অম্লধর্মের জন্যই হাইড্রোজেন পারক্সাইড, 'পারক্সাইড' নামক যৌগিক উৎপন্ন করে। যেমন—

$NH_3 + H_2O_2 = NH_4HO_2$ (এ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন পারক্সাইড)

$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = 2H_2O + BaO_2$ (বেরিয়াম পারক্সাইড)

হাইড্রোজেন পারক্সাইড অত্যন্ত অস্থায়ী পদার্থ। গরম করিলে, অনেক সময় স্বাভাবিক অবস্থায়ও ইহা বিয়োজিত হইয়া যায়।

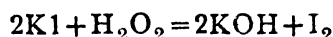
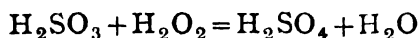
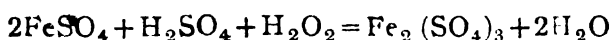
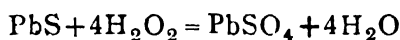
$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

কাচের গুঁড়া, সূক্ষ্ম ধূলিকণা বা ধাতু চূর্ণের সংস্পর্শে, অমসৃণ কাচের পাত্রে রাখিলে, রৌদ্র বা উত্তাপে, ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড, অথবা উদ্ভিজ্জ ও জৈব পদার্থের (vegetable and o·ganic matter) সংস্পর্শে আসিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বিয়োজন ক্রিয়া দ্রুত সম্পাদিত হয়। সেইজন্য হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে সংরক্ষিত করিতে হইলে বাদামী রংয়ের প্যারাফিন লিপ্ত বোতল ব্যবহার করা হয়। ইহার সহিত অল্প পরিমাণ ফসফরিক এ্যাসিড, গ্লিসারিণ, এ্যাসিট্যানিলাইড (acetanilide) প্রভৃতি মিশ্রিত করিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিয়োজনের সময় সক্রিয় জায়মান অক্সিজেন (nascent oxygen) বাহির হয় বলিয়া ইহা **তীব্র জারক (oxidising agent)** এবং বহু যৌগিক পদার্থকে ইহা জারিত করে। যেমন, কাল লেড-সালফাইডকে জারিত করিয়া সাদা লেড সালফেটে, ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে, সালফিউরাস এ্যাসিডকে সালফিউরিক এ্যাসিডে পরিণত করে এবং পটাশিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন বিমুক্ত করে।

$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$$

$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

$$H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$$

$$2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2$$

বহু জৈব পদার্থও হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্বারা জারিত (oxidised) হইয়া থাকে।

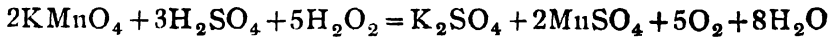
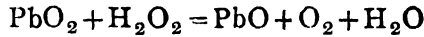
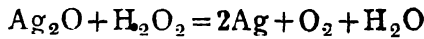
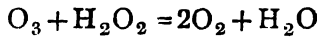
কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড **বিজারক পদার্থ-রূপেও (reducing agent)** বিক্রিয়া করিয়া থাকে। সাধারণতঃ কোন জারক পদার্থের সহিত হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেই এরূপ ঘটিয়া থাকে এবং এরূপ ক্ষেত্রে উভয় পদার্থই বিজারিত হইয়া থাকে। যেমন, ওজোন (O_3), সিলভার

অক্সাইড, লেড ডাই-অক্সাইড, এ্যাসিড মিশ্রিত পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণ প্রভৃতি ইহার দ্বারা বিজারিত হয়।

$$O_3 + H_2O_2 = 2O_2 + H_2O$$

$$Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + O_2 + H_2O$$

$$PbO_2 + H_2O_2 = PbO + O_2 + H_2O$$

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5O_2 + 8H_2O$$

সাধারণতঃ বিজারণের সময় বিজারক পদার্থটি নিজে জারিত হইয়া যায়। কিন্তু উপরোক্ত সমীকরণগুলিতে দেখা যাইতেছে যে, হাইড্রোজেন পারক্সাইড যদিও বিজারকের (reducing agent) কাজ করে কিন্তু নিজে জারিত (oxidised) না হইয়া বরং বিজারিত (reduced) হইয়া জলে পরিণত হইতেছে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জারণ ধর্মের জন্য ইহা উত্তম **বিরঞ্জক পদার্থরূপেও** (**bleaching agent**) ব্যবহৃত হয়। এই জারণ গুণের দ্বারা বিরঞ্জণ করিবার সময় পদার্থের কোন ক্ষতি হয় না বলিয়া বহু কোমল এবং সৌখিন পদার্থ, যথা—সিল্ক, পশম, হস্তীদন্ত, প্রভৃতির অবাঞ্ছিত বর্ণ দূরীভূত করিয়া পদার্থগুলিকে বর্ণহীন করিবার জন্য হাইড্রোজেন পারক্সাইড ব্যবহৃত হয়। পুরাতন তৈলচিত্রের (oil painting) উপর লেড সালফাইডের আস্তরণ পড়ায় মলিন হইয়া যায়। এই তৈলচিত্রগুলিকে হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্বারা ধৌত করিলে লেড সালফাইড জারিত হইয়া সাদা লেড সালফেটে পরিণত হয়, ফলে পুরাতন চিত্রগুলি পুনবায় নূতনত্ব লাভ করে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ব্যবহার (Uses of Hydrogen Peroxide) :—হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রধানতঃ রেশম, পশম, হস্তীদন্ত, পালক প্রভৃতির বিরঞ্জনে ব্যবহৃত হয়, পুরাতন তৈলচিত্রের বর্ণ উদ্ধারের জন্য ব্যবহৃত হয়। ইহার সংস্পর্শে কালো চুল সোনালী বর্ণ ধারণ করে। চিকিৎসাক্ষেত্রে, বীজাণুনাশক দ্রব্যরূপে (disinfectant) ব্যবহৃত হয়। বর্তমানে বিস্ফোরণকারী জ্বালানীরূপে রকেট (rocket) ছোঁড়ার কার্য্যে ব্যবহার হয়।

নিরীক্ষা (Tests) :—১। হাইড্রোজেন পারক্সাইড পটাশিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণ হইতে আয়োডিন বিমুক্ত করে এবং এই আয়োডিনের রং স্টার্চের (starch) সংস্পর্শে নীল হইয়া যায়।

২। পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের অম্লীকৃত (acidified) দ্রবণকে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও ইথার সহ ঝাঁকাইলে, ইথারের স্তরের দ্রবণটি ঘন আসমানী নীল (azure blue) রং ধারণ করে।

৩। এ্যাসিডযুক্ত পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী দ্রবণকে ইহা বর্ণহীন করিয়া দেয়।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. How is hydrogen peroxide prepared in the laboratory ? Describe its important properties and uses.

[কিভাবে রসায়নাগারে হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুত করা হয় ? ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা কর।]

2. Why is hydrogen peroxide purified by distillation under reduced pressure ? Describe with a diagram the method of distillation of hydrogen peroxide under reduced pressure.

[নিম্নচাপে পাতন করিয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে বিশুদ্ধ করা হয় কেন ? চিত্রসহ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের নিম্ন চাপে পাতন প্রণালী বর্ণনা কর।]

3. "Hydrogen peroxide is an active oxidising agent." Justify the statement. Upon what does the oxidising power of hydrogen peroxide depend ?

["হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি সক্রিয় জারক পদার্থ"। এই উক্তির সত্যতা প্রমাণ কর। হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জারণ ক্ষমতা কাহার উপর নির্ভর করে ?]

4. Hydrogen peroxide is said to behave both as an oxidising agent and as a reducing agent. Discuss.

[হাইড্রোজেন পারক্সাইড জারক ও বিজারক উভয়রূপেই ব্যবহৃত হয়। আলোচনা কর।]

5. Write short notes on—(i) Vacuum distillation and (ii) Merck's perhydrol.

[টীকা লিখ—(১) অণুপ্রেষ পাতন এবং (২) মার্ক পারহাইড্রল।]

6. Explain what happens when [কি ঘটিবে লিখ] :—

(i) Carbon dioxide is passed over suspended Barium peroxide in ice cold water.

[হিম-শীতল জলে প্রলম্বিত বেরিয়াম পারক্সাইডের উপর কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহ পাঠাইলে] ;

(ii) hydrogen peroxide solution is shaken wlth manganese dioxide or platinum.

[হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণ ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড বা প্লাটিনামের সহিত আলোড়ন করিলে] ;

(iii) a lead acetate paper is exposed to the action of hydrogen sulphide and then dipped into a solution of hydrogen peroxide ;

[লেড এ্যাসিটেটের একটি কাগজ হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসের সহিত বিক্রিয়ার পর হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে ডুবাইলে]

(iv) hydrogen peroxide is added to an acidified solution of potassium permanganate ;

[হাইড্রোজেন পারক্সাইড অম্লীকৃত পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে যোগ করিলে]

(v) potassium iodide starch paper is treated with a solution of hydrogen peroxide ;

[পটাশিয়াম আয়োডাইড সিক্ত স্টার্চ কাগজ হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে যুক্ত করিলে] ।

7. Write three tests which are characteristic of hydrogen peroxide.

[হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বৈশিষ্ট্যগত ধর্মের তিনটি নিরীক্ষা লিখ ।]

৯

নাইট্রোজেনের যৌগসমূহ

(Compounds of Nitrogen)

বায়ুমণ্ডলীতে যে কয়টি গ্যাসীয় পদার্থ আছে তাহাদের মধ্যে নাইট্রোজেন সকলের অধিক পরিমাণে থাকে। [নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি ও ধর্ম ১ম খণ্ডে বর্ণিত হইয়াছে।] যৌগ হিসাবে, নাইট্রোজেন হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া এ্যামোনিয়া (NH_3), হাইড্রাজিন (hydrazine N_2H_4), হাইড্রাজোয়িক এ্যাসিড (hydrazoic acid N_3H) গঠন করে। নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া পাঁচ প্রকারের অক্সাইড (Oxide) গঠন করে এবং নাইট্রাস এ্যাসিড (nitrous acid HNO_2) ও নাইট্রিক এ্যাসিড (nitric acid HNO_3) নামে দুইটি এ্যাসিড গঠন করে। এই অধ্যায়ে পাঠ্যবিষয়ের অন্তর্ভুক্ত যৌগগুলির বিষয় আলোচিত হইবে।

এ্যামোনিয়া

(Ammonia)

আণবিক সংকেত-NH_3 আণবিক গুরুত্ব-17

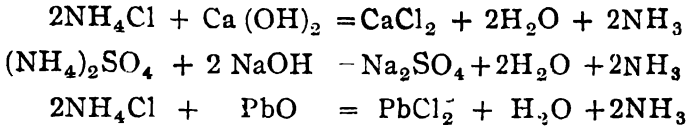
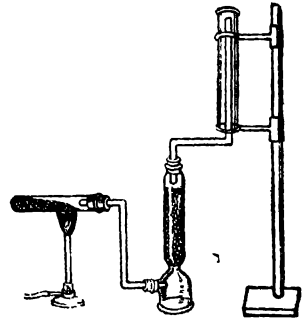
ইতিহাস (History) :—এ্যামোনিয়ার একটি লবণ এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (Ammonium Chloride) বা স্যাল এ্যামোনিয়াক (Sal-ammoniac) প্রাচীনকাল হইতেই রাসায়নীকদের নিকট পরিচিত ছিল। পূর্বে উটের মল (Camel's dung) পোড়াইয়া স্যাল-এ্যামোনিয়াক তৈয়ারী করা হইত। এই স্যাল-এ্যামোনিয়াকের সহিত ক্ষারের রাসায়নিক ক্রিয়ায় এ্যামোনিয়া প্রস্তুত হইত। পশুর ক্ষুর এবং শিং (hoofs and horns) পোড়াইয়াও এ্যামোনিয়া প্রস্তুত হইত। স্যাল-এ্যামোনিয়াক (Sal-ammoniac) ভারতে **নিশাদল** নামে বহুকাল হইতেই পরিচিত ছিল।

১৭৭৪ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী প্রিষ্টলী (J. Priestley) নিশাদল (Sal-ammoniac) ও চূণের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া সর্বপ্রথম স্বতন্ত্রভাবে এ্যামোনিয়া তৈয়ারী করেন। ইহার ক্ষারীয় ধর্মের জন্য প্রিষ্টলী ইহার নাম দেন **"ক্ষারীয় বায়ু" (alkaline air)**। ১৭৮২ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **বার্গম্যান (Bergman)** ইহার নাম এ্যামোনিয়া দেন। ১৭৮৫ খৃষ্টাব্দে **বার্থোলে (Berthellot)** প্রমাণ করেন যে, এ্যামোনিয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের একটি যৌগিক পদার্থ।

অবস্থান (Occurrence) :—প্রকৃতিতে, বায়ু ও জলে সামান্য পরিমাণে এ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। জৈব ও উদ্ভিদ দেহের পচনের ফলে এ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। মল ও মূত্রাগারে (Lavatory), গোশালা ও আস্তাবলে যে তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ পাওয়া যায়, উহা এ্যামোনিয়ারই গন্ধ। যৌগ হিসাবে, জৈব দেহে, মাটিতে, পশুর ক্ষুর, শিং প্রভৃতিতে পাওয়া যায়।

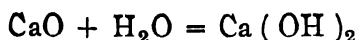
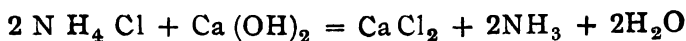
এ্যামোনিয়ার প্রস্তুতি :
(Preparation of Ammonia)

সাধারণতঃ এ্যামোনিয়া ঘটিত লবণ ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় এ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। যেমন,

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$$
$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O + 2NH_3$$
$$2NH_4Cl + PbO = PbCl_2 + H_2O + 2NH_3$$

রসায়নাগার পদ্ধতি (Laboratory Process) :—রসায়নাগারে নিশাদল ও কলিচূণের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া এ্যামোনিয়া তৈয়ারী করা হয়। নিশাদল ও শুষ্ক কলিচূণ (dry slaked lime) 1 : 2 এই অনুপাতে লইয়া একটি খলে (mortar) উত্তমরূপে মিশ্রিত করা হয়। এই মিশ্রের কিছু পরিমাণ একটি শক্ত পরীক্ষা নলে (hard glass test tube) লইয়া পরীক্ষা নলের মুখটি ছিপিদ্বারা বন্ধ করা হয়। ছিপির মধ্য দিয়া একটি নির্গম নল (delivery tube) পরীক্ষা নলের মধ্যে প্রবিষ্ট করান হয় এবং ইহার অপর প্রান্ত পোড়া চূণ (Calcium Oxide CaO) পূর্ণ একটি চূণ স্তম্ভের (lime tower) তলার মুখে যুক্ত করা হয়। চূণ স্তম্ভের উপরের একটি বাঁকা নল সংযুক্ত থাকে। এই বাঁকা-নলের উপর একটি শুষ্ক খালি গ্যাস জার উপুড় করিয়া রাখা হয়। পরীক্ষা নলটিকে ধারকের সহিত যুক্ত করিয়া বুনসেন দীপ দ্বারা প্রথমে পরীক্ষা নলের মুখের দিকে এবং পরে পিছনের দিকে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপের ফলে যে এ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা নির্গম নল দিয়া আসিয়া চূণের স্তম্ভে (lime tower) প্রবেশ করে। চূণের ভিতর দিয়া যাওয়ার ফলে এ্যামোনিয়ার সহিত কোন জলীয় বাষ্প থাকিলে তাহা

রসায়নাগারে এ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

পোড়া চুণ (CaO) শোষণ করিয়া লয় এবং এ্যামোনিয়া আসিয়া শুষ্ক গ্যাস জারে সঞ্চিত হয়। এ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া উহা গ্যাস জার হইতে বায়ু অপসারণ করিয়া জার পূর্ণ করে। পোড়া চুণ গ্যাস হইতে জল শোষণ করিয়া কলিচূণে পরিণত হয়।

$$2 NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$$

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

গ্যাস জারটি এ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা পূর্ণ হইয়াছে কিনা বুঝিবার জন্য, একটি লাল লিটমাস পেপার (red litmus paper) জলে ভিজাইয়া গ্যাস জারের মুখে ধরিতে হয়। লাল লিটমাস নীলবর্ণ হইয়া যাইলে বুঝিতে হইবে যে জারটি এ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা পূর্ণ হইয়াছে।

সাধারণতঃ শুষ্ক গ্যাস সংগ্রহ করিবার জন্য উৎপন্ন গ্যাসটি ঘন সালফিউরিক এ্যাসিড বা ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) বা বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (fused calcium chloride) ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিতে হয়। কিন্তু এ্যামোনিয়া গ্যাস ইহাদের কোনটির দ্বারাই শুষ্ক করা যায় না। কারণ এ্যামোনিয়া ঘন সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত এ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$], ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের (P_2O_5) সহিত এ্যামোনিয়াম ফসফেট [$(NH_4)_3PO_4$] লবণ গঠন করে। বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (fused calcium chloride) এ্যামোনিয়া গ্যাসকে শোষণ করিয়া ($CaCl_2, 8NH_3$) যৌগিক পদার্থ গঠন করে। সেইজন্য এ্যামোনিয়া গ্যাস পোড়া চুণ (CaO) দ্বারা শুষ্ক করা হয়। এ্যামোনিয়া অধিক পরিমাণে জলে দ্রবীভূত হয়। সেইজন্য পারদের উপর বা বায়ুর নিম্নাপসরণ (downward displacement of air) দ্বারা এ্যামোনিয়া গ্যাস সংগ্রহ করা হয়।

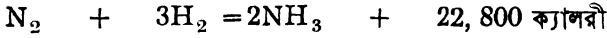
শিল্প পদ্ধতি (Industrial Process) :

কয়লার অন্তর্ধূম-পাতন (Destructive distillation of Coal) :— উদ্ভিদ দেহ নানা বিক্রিয়ার ফলে কয়লায় রূপান্তরিত হয়। কাঁচা কয়লার মধ্যে উদ্ভিজ্জ নাইট্রোজেনের কিছু পরিমাণ (প্রায় 1—1·5%) এবং কিছু হাইড্রোজেন অবশিষ্ট থাকে।

কয়লাকে যখন অন্তর্ধূম পাতন (destructive distillation) অর্থাৎ বদ্ধ পাত্রে পাতন করিয়া কোল গ্যাস (Coal gas) প্রস্তুত করা হয়, তখন কয়লার নাইট্রোজেন মুক্ত হইয়া এ্যামোনিয়ায় এবং এ্যামোনিয়ার লবণে পরিণত হয় এবং পাতিত (distilled) হইয়া জলে দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবণকে এ্যামোনিয়াক্যাল লিকার

(Ammoniacal liquor) বলে। এই এ্যামোনিয়াক্যাল লিকারকে চূণ সহ স্টীম দ্বারা স্ফুটন করিলে এ্যামোনিয়া উদ্ভূত হয় এবং বরফ মিশ্রিত জলে দ্রবীভূত করা হয়। বাজারে এই গাঢ় দ্রবণ **লিকার-এ্যামোনিয়া (Liquor Ammonia)** রূপে বিক্রয় হয়।

হেবার পদ্ধতি (Haber's Process) ঃ—প্রথম মহাযুদ্ধের (১৯১৪ সালে) সময় জার্মানীকে এমনভাবে অবরোধ করিয়া রাখা হয় যে কাঁচামালের (raw materials) অভাবে জার্মানীর পক্ষে নাইট্রিক এ্যাসিড উৎপন্ন অসম্ভব হইয়া উঠে। অথচ নাইট্রিক এ্যাসিড অভাবে বিস্ফোরক (explosives) তৈয়ারী বন্ধ হইয়া যাইতেছিল। সেই সময় জার্মান বিজ্ঞানী **হেবার (Haber)** প্রত্যক্ষভাবে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন সংযুক্ত করিয়া এ্যামোনিয়া উৎপন্ন করেন। জার্মান বিজ্ঞানী **ওস্‌ওয়াল্ড (Ostwald)** এ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রিক এ্যাসিড প্রস্তুত করেন। হেবার প্রণালীতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ হওয়ায় ইহাকে সংশ্লেষণ প্রণালী (synthetic process) বলা হয়।

$$N_2 \quad + \quad 3H_2 = 2NH_3 \quad + \quad 22,800 \text{ ক্যালরী}$$

1 আয়তন   3 আয়তন   2 আয়তন   ∴ সংকোচন = 2 আয়তন

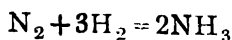
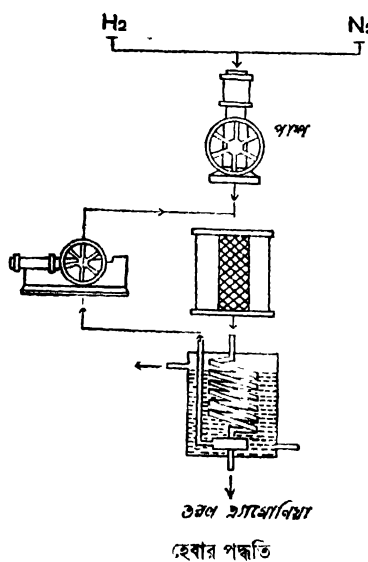
সমীকরণ হইতে দেখা যাইতেছে যে, রাসায়নিক বিক্রিয়াটি উভমুখী (reversible), তাপোৎপাদক (exothermic) এবং বিক্রিয়ার ফলে আয়তনের সংকোচন হয়।

যেহেতু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয় এবং আয়তনের সংকোচন হয়, সুতরাং অধিক পরিমাণে এ্যামোনিয়া পাইতে হইলে চাপ বৃদ্ধি করিতে হইবে এবং উষ্ণতা কম রাখিতে হইবে। অর্থাৎ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় চাপ যত বৃদ্ধি করা যায়, তত বেশী এ্যামোনিয়া পাওয়ার সম্ভাবনা। অপরদিকে উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে এ্যামোনিয়ার পরিমাণ কমিতে থাকে এবং উষ্ণতা হ্রাস করিলে এ্যামোনিয়া উৎপাদন বৃদ্ধি পাইতে থাকে। কিন্তু অত্যধিক উষ্ণতা হ্রাসের ফলে রাসায়নিক ক্রিয়ার গতি অত্যন্ত মন্থর হয়, ফলে ইহা এত সময় সাপেক্ষ যে শিল্পের দিক হইতে উহা লাভজনক নয়। সেইজন্য প্রকৃত কার্যক্ষেত্রে উষ্ণতাটি এমন এক পর্যায়ে রাখা হয়, যাহাতে রাসায়নিক ক্রিয়ার গতি খুব মন্থর না হয়, অথচ এ্যামোনিয়ার মোট উৎপাদনও কম না হয়। এই উষ্ণতাকে **মধ্যম উষ্ণতা (optimum temperature)** বলা হয়। সঙ্গে-সঙ্গে রাসায়নিক ক্রিয়ার গতিবেগ বৃদ্ধির জন্য উপযুক্ত প্রভাবক (Catalyst) ব্যবহার করা হয়। হেবার পদ্ধতিতে 200 বায়ুমণ্ডলের চাপ (atmosphere) দেওয়া হয় এবং মধ্যম উষ্ণতা 550°C ধরা হয়। প্রভাবক হিসাবে বিশুদ্ধ লৌহচূর্ণ এবং প্রভাবক-সহায়ক

(Promoter) হিসাবে মলিবডেনাম (molybdenum) ব্যবহার করা হয়। বর্তমানে বিশুদ্ধ লৌহচুর্ণের সহিত 1% পটাশিয়াম অক্সাইড (K_2O) এবং 3% এ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3) মিশ্রিত করিয়া প্রভাবক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়াটি উভমুখী (reversible) বলিয়া উৎপন্ন এ্যামোনিয়া পুনরায় নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে বিয়োজিত (decompose) হইবার সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য বিপরীতমুখী বিক্রিয়াকে বন্ধ করিবার জন্য এ্যামোনিয়া উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই ক্রিয়ার আওতা হইতে সরাইয়া লওয়া হয়। উপরে বর্ণিত সতর্কতাগুলি অবলম্বন করিয়া হেবার পদ্ধতিতে এ্যামোনিয়া উৎপাদন নিম্নলিখিত ভাবে সম্পন্ন করা হয়।

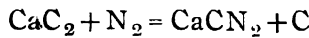
বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন (তরল বায়ু হইতে আংশিক পাতনে উৎপন্ন) ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন (জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ বা ওয়াটার গ্যাস হইতে প্রাপ্ত) আয়তন হিসাবে 1 : 3 অনুপাতের একটি মিশ্রণে 200 বায়ুমণ্ডলের চাপে (200 atmosphere pressure) ক্রোম-স্টীল নির্মিত একটি প্রভাবক প্রকোষ্ঠে প্রবিষ্ট করান হয়। এই প্রভাবক প্রকোষ্ঠটি দুইটি ভাগে বিভক্ত। অন্তঃপ্রকোষ্ঠে ছোট ছোট তাকের উপর পর্যাপ্ত পরিমাণে সূক্ষ্ম বিশুদ্ধ লোহার গুঁড়া ও মলেবডেনাম (বা লোহার গুড়া, পটাশিয়াম অক্সাইড ও এ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড) প্রভাবকরূপে সজ্জিত থাকে এবং বিদ্যুৎ প্রবাহের সাহায্যে উহাকে প্রায় 550°C উত্তপ্ত রাখা হয়। অন্তঃপ্রকোষ্ঠকে ঘিরিয়া একটি বহিঃপ্রকোষ্ঠ আছে। এই বহিঃপ্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া বিশুদ্ধ ও বিশুষ্ক গ্যাসমিশ্রণটি চাপের প্রভাবে প্রবাহিত হইয়া অন্তঃপ্রকোষ্ঠে প্রবেশ লাভ করে এবং প্রভাবকের সংস্পর্শে আসে। ইহার ফলে মিশ্রণের প্রায় শতকরা 8 ভাগ এ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়। বাকি অংশ গ্যাসগুলি অবিকৃত অবস্থায় থাকে।

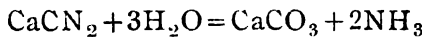
হেবার পদ্ধতি

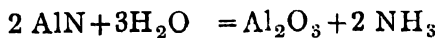
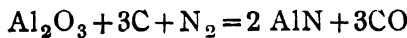
$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$

বিক্রিয়াকালে নির্গত অতিরিক্ত তাপের সাহায্যে বহিঃপ্রকোষ্ঠে নবাগত গ্যাস মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হয় বলিয়া অন্তঃপ্রকোষ্ঠের উষ্ণতার বিশেষ পরিবর্তন হয় না। প্রভাবক

প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত গ্যাসগুলি (NH_3, অবিকৃত N_2 ও H_2) একটি শীতক কুণ্ডলীর (Condenser) মধ্য দিয়া চালিত করা হয়। ফলে এ্যামোনিয়া সহজেই ঘনীভূত হইয়া তরল পদার্থে রূপান্তরিত হয়। অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসকে পুনরায় পাম্পের সাহায্যে চাপ দিয়া প্রভাবক প্রকোষ্ঠে চালিত করা হয় এবং প্রক্রিয়াটি এইরূপে অবিরত চলিতে থাকে। দেশ হিসাবে এই পদ্ধতিটির উষ্ণতা ও চাপের কিছু কিছু তারতম্য দেখা যায়। আমেরিকাতে 300°C উষ্ণতা ও 475 বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রয়োগ করা হয়। ফরাসী দেশে ক্লদ (Claude) প্রণালীতে 500°—600°C উষ্ণতা ও 900 বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রয়োগ করা হয়। বর্তমানে ভারতে সিন্দ্রীর কারখানায় প্রচুর পরিমাণে হেবার প্রণালীতে এ্যামোনিয়া উৎপাদন হইতেছে।

সায়নামাইড পদ্ধতি (Cyanamide Process) :—বিদ্যুৎ প্রবাহ দ্বারা 1000°C-য়ে উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম কারবাইডের (CaC_2) উপর নাইট্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ক্যালসিয়াম সায়নামাইড ($CaCN_2$) উৎপন্ন হয়।

$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C$$

ক্যালসিয়াম সায়নামাইড ও কার্বনের এই মিশ্রণ **নাইট্রোলিম (Nitrolim)** নামে সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। আবার ক্যালসিয়াম সায়নামাইডকে উচ্চ চাপে স্টীম দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত (hydrolysis) করিলে এ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

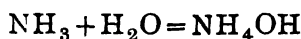
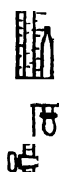
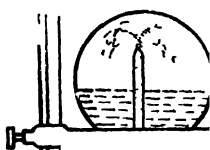
$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

সারপেক পদ্ধতি (Serpek Process) :—এই পদ্ধতিতে খনিজ বক্সাইট (Al_2O_3) ও কোক নাইট্রোজেনের পরিবেশে 1800°C উত্তপ্ত করিলে এ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। এই এ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে AlN স্টীমের সাহায্যে আর্দ্র-বিশ্লেষিত (hydrolysis) করিয়া এ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়।

$$Al_2O_3 + 3C + N_2 = 2\,AlN + 3CO$$
$$2\,AlN + 3H_2O = Al_2O_3 + 2\,NH_3$$

এ্যামোনিয়ার ধর্ম :

(Properties of Ammonia)

ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :—এ্যামোনিয়া একটি বর্ণহীন, তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত, ক্ষার স্বাদযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হাল্কা (ঘনত্ব 8·5)। ইহাকে শীতল করিয়া চাপ দিলে সহজেই বর্ণহীন তরলে পরিণত হয় এবং এই তরলকে আরও শীতল করিলে বরফের মত কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত হয়। এ্যামোনিয়া জলে

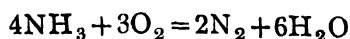
অত্যন্ত দ্রবণীয় 1 c.c. জলে 0°C-তে প্রায় 1300 c.c. গ্যাস দ্রবীভূত হয়। জলে এ্যামোনিয়ার গাঢ় দ্রবণকে "লিকার এ্যামোনিয়া" (Liquor Ammonia বলে। এ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইয়া এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH উৎপন্ন হয়।

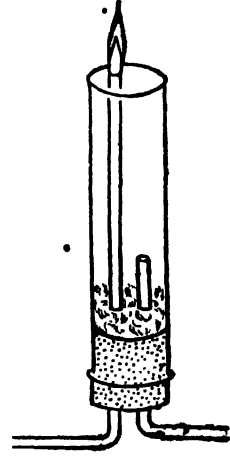
$$NH_3 + H_2O = NH_4OH$$

ইহা একটি ক্ষার। সুতরাং ইহা লাল লিটমাসকে নীল করিবে।

ঝর্ণা-ধারার পরীক্ষা (Fountain Experiment) :—একটি গোলাকার তল ফ্লাস্কে এ্যামোনিয়া গ্যাস ভর্তি করিয়া মুখটি সরু কাচনলযুক্ত একটি কর্কের দ্বারা আঁটিয়া বন্ধ করা হয়। কাচনলের একটি মুখ সূচল করা থাকে এবং উহা ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করান থাকে। একটি বড় পাত্রে লাল লিটমাস দ্রবণ লইয়া ফ্লাস্কটি উপুড় করিয়া কাচনলের অপর মুখটি লিটমাস দ্রবণে ডুবাইয়া দেওয়া হয়। এখন ফ্লাস্কের মাথায় সামান্য ঠাণ্ডা জল বা ইথার ঢালিয়া দিলে ফ্লাস্কটি শীতল হইবে, ফলে ফ্লাস্কের ভিতরের গ্যাস সংকুচিত হইয়া আংশিক শূন্যতা সৃষ্টি করিবে। এই শূন্যতা পূরণের জন্য লাল লিটমাস দ্রবণ সূচল মুখ দিয়া ফ্লাস্কের ভিতরে প্রবেশ করিবে। এ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে আসার সঙ্গে সঙ্গেই লাল লিটমাস নীল হইয়া যাইবে

ঝর্ণাধারার পরীক্ষা

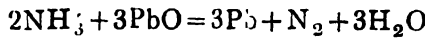
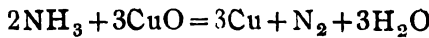
এবং এ্যামোনিয়া জলে দ্রুত দ্রবীভূত হইবে। ফলে ফ্লাস্কের অভ্যন্তরের চাপ কমিয়া যাওয়ায় বাহিরের লাল লিটমাস দ্রবণ বেগে ভিতরে প্রবেশ করিয়া একটি ঝর্ণা-ধারার সৃষ্টি করিবে। এ্যামোনিয়ার ক্ষারধর্ম এবং জলে উহার অত্যন্ত দ্রবণীয়তা উভয়েই এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয়।

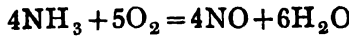
রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—এ্যামোনিয়া নিজে দাহ্য নয় এবং অপরের দহনের সহায়কও নয়। কিন্তু অক্সিজেন গ্যাসের ভিতর ইহা হরিতাভ পীত শিখায় জ্বলিতে থাকে।

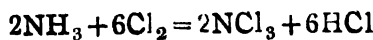
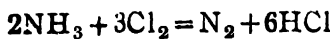
$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$$

পরীক্ষা :—১। একটি এ্যামোনিয়া গ্যাসভরা জারের মধ্যে জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে শলাকাটি নিভিয়া যাইবে এবং গ্যাসও জ্বলিবে না।

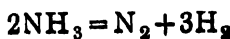
২। একটি মোটা কাচনলের নীচের মুখটি দুইটি ছিদ্রযুক্ত একটি কর্ক দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়। ছিদ্র দুইটিতে দুইটি সমকোণে বাঁকান সরু কাচনল লাগান থাকে। ইহাদের একটি অপেক্ষাকৃত লম্বা এবং উহার ভিতর দিয়া শুষ্ক এ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। অপর নলটি অপেক্ষাকৃত ছোট এবং উহার ভিতর দিয়া অক্সিজেন গ্যাস চালান হয় এখন কিছুটা অক্সিজেনের প্রবাহ দিবার পর লম্বা মুখটির সামনে জ্বলন্ত দিয়াশলাই ধরিলে এ্যামোনিয়া হরিতাভ পীত শিখায় জ্বলিতে থাকিবে।

এ্যামোনিয়ার দহন

এ্যামোনিয়া মৃদু বিজারণ গুণসম্পন্ন। বিজারণ ক্রিয়ার সময় এ্যামোনিয়া নিজে জারিত হইয়া নাইট্রোজেন বা নাইট্রোজেনের অক্সাইডে পরিণত হয়। যেমন, এ্যামোনিয়া গ্যাস উত্তপ্ত অবস্থায় কপার অক্সাইড ও লেড মনোক্সাইডকে বিজারিত করিয়া কপার ও লেডে পরিণত করে এবং নিজে জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

$$2NH_3+3CuO=3Cu+N_2+3H_2O$$
$$2NH_3+3PbO=3Pb+N_2+3H_2O$$

এ্যামোনিয়া ও বায়ুর মিশ্রণ 500°C-তে উত্তপ্ত প্লাটিনাম তারজালির (প্রভাবক) উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে এ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

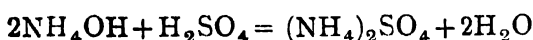
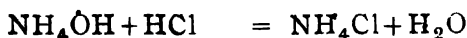
$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O$$

ক্লোরিন অথবা ব্লিচিং পাউডারও (bleaching powder) এ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রোজেনে পরিণত করে। অতিরিক্ত ক্লোরিনের সহিত এ্যামোনিয়া নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড (NCl_3) নামক বিস্ফোরক পদার্থ গঠন করে।

$$2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl$$
$$2NH_3+6Cl_2=2NCl_3+6HCl$$

এ্যামোনিয়া স্থায়ী যৌগিক পদার্থ (compound) হইলেও প্রবল উত্তাপে বা তড়িৎ যোগে বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়।

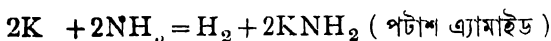
$$2NH_3=N_2+3H_2$$

ক্ষারকগুণের জন্য এ্যামোনিয়া বা এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড এ্যাসিডকে প্রশমিত করিয়া এ্যামোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে।

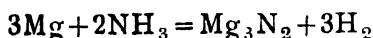
$$NH_3+HCl=NH_4Cl\ ;\ NH_3+HNO_3=NH_4NO_3$$

$$NH_4OH+HCl = NH_4Cl+H_2O$$

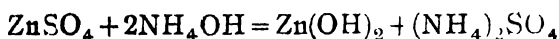
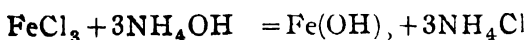
$$2NH_4OH+H_2SO_4= (NH_4)_2SO_4+2H_2O$$

উত্তপ্ত সোডিয়াম বা পটাশিয়াম ধাতুর উপর দিয়া এ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে এ্যামাইড (amide) শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন হয়।

$2Na+2NH_3=H_2+2NaNH_2$ (সোডামাইড—Sodamide)

$2K+2NH_3=H_2+2KNH_2$ (পটাশ এ্যামাইড)

কিন্তু উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর উপর দিয়া এ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড (Mg_3N_2) গঠিত হয়।

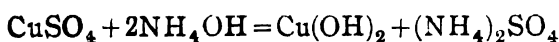
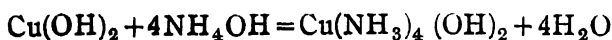
$$3Mg+2NH_3=Mg_3N_2+3H_2$$

এ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিভিন্ন ধাতব লবণের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ভিন্ন ভিন্ন ধাতব হাইড্রক্সাইড গঠিত হয়।

$$FeCl_3+3NH_4OH =Fe(OH)_3+3NH_4Cl$$

$$ZnSO_4+2NH_4OH=Zn(OH)_2+(NH_4)_2SO_4$$

কোন কোন লবণের ক্ষেত্রে অতিরিক্ত এ্যামোনিয়া দিলে হাইড্রক্সাইড দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং দ্রাব্য জটিল লবণের (complex salt) সৃষ্টি করে।

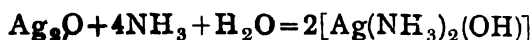
$$CuSO_4+2NH_4OH=Cu(OH)_2+(NH_4)_2SO_4$$

অদ্রাব্য

$$Cu(OH)_2+4NH_4OH=Cu(NH_3)_4(OH)_2+4H_2O$$

নীল দ্রবণ

সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দিলে, সিলভার হাইড্রক্সাইড অস্থায়ী বলিয়া বাদামী রংয়ের সিলভার অক্সাইড (Ag_2O) অধঃক্ষিপ্ত হইবে এবং অতিরিক্ত এ্যামোনিয়া দ্রবণে সিলভার অক্সাইড দ্রবীভূত হইয়া জটিল লবণ সৃষ্টি করিবে।

$$2AgNO_3+2NH_4OH=Ag_2O+2NH_4NO_3+H_2O$$

$$Ag_2O+4NH_3+H_2O=2[Ag(NH_3)_2(OH)]$$

এ্যামোনিয়ার ব্যবহার (Uses of Ammonia) :—তরল এ্যামোনিয়া রসায়নাগারে বিভিন্ন পরীক্ষার জন্য বরফ উৎপাদনে ও শীতলীকরণের (refrigeration) কার্যে প্রভৃত ব্যবহৃত হয়।

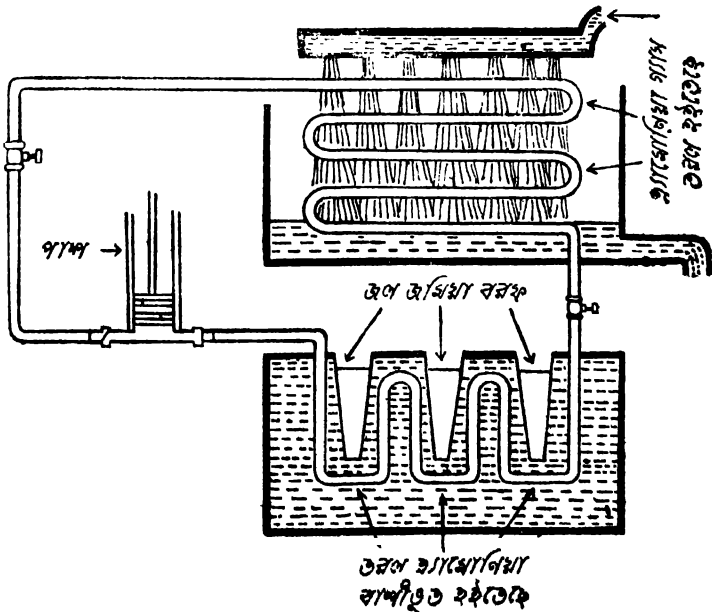
এ্যামোনিয়ার লবণ, যথা—এ্যামোনিয়াম সালফেট, এ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, এ্যামোনিয়াম ক্যালসিয়াম ফসফেট প্রভৃতি সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এ্যামোনিয়া, নাইট্রিক এ্যাসিড, কাপড় কাচা সোডার শিল্প প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

কৃত্রিম রেশম বা রেয়ন (rayon) প্রস্তুতে এবং তৈলাক্ত জিনিস পরিষ্কার করিতে ব্যবহৃত হয়। এ্যামোনিয়াম কার্বনেট বা স্মেলিং সল্ট (smelling salt) ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

নিরীক্ষণ (Tests) :—১। এ্যামোনিয়াকে একটি বিশিষ্ট তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধে চিনিতে পারা যায়। ইহা লাল লিটমাসকে নীল করে।

২। একটি কাচদণ্ডকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে ডুবাইয়া এ্যামোনিয়ার সান্নিধ্যে আনিলে, এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় সাদা ধোঁয়া বাহির হয়।

৩। নেসলার দ্রবণে (Nessler's Solution) (মারকিউরিক ক্লোরাইডে অতিরিক্ত পটাশিয়াম আয়োডাইড ও অল্প কষ্টিক পটাশ দিয়া প্রস্তুত) অতি সামান্য পরিমাণ এ্যামোনিয়া দিলেও বাদামী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

বরফ-কল (Ice-machine) :—এ্যামোনিয়া গ্যাসের উপর চাপ প্রয়োগ করিলে এ্যামোনিয়া তরল হইয়া যায় এবং কিছু তাপ উৎপন্ন হয়। এই তরল এ্যামোনিয়া

বরফ প্রস্তুতকরণ

হইতে চাপ হ্রাস করিলে ইহা আবার গ্যাসে পরিণত হয় এবং প্রচুর তাপ শোষণ করে

প্রথমে সংকোচন পাম্পের (Compression Pump) সাহায্যে উপযুক্ত চাপ প্রয়োগ করিয়া শুষ্ক এ্যামোনিয়া গ্যাসকে সাধারণ উষ্ণতাতেই তরলে পরিণত করা হয়। এই সময় যে তাপ উৎপন্ন হয় তাহা অপসারণের জন্য ঈষদুষ্ণ তরল এ্যামোনিয়াকে কুণ্ডলীকৃত নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া শীতল জলধারার দ্বারা নলটি শীতল করা হয়। এই তরল এ্যামোনিয়া একটি ভাল্‌ভের (valve) মধ্য দিয়া উচ্চ চাপ হইতে নিম্ন চাপে সহসা প্রসারিত করা হয়। এখানে চাপ না থাকায় তরল এ্যামোনিয়া আবার বাষ্পীভূত হয় এবং সেই বাষ্প লবণ-জলে পূর্ণ একটি জলাধারে কতকগুলি কুণ্ডলীকৃত নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। তরল এ্যামোনিয়া বাষ্পীভূত হওয়ার জন্য যে তাপ প্রয়োজন তাহা বাহিরের লবণ-জল (brine solution) হইতেই গৃহীত হয়। ফলে লবণ জলের উষ্ণতা কমিতে থাকে এবং শেষে 0 C-এর নীচে নামিয়া যায়। এই শীতল লবণ জলের মধ্যে কতকগুলি জলভর্তি টিনের পাত্র রাখিয়া দিলে অল্প সময়ের মধ্যেই পাত্রের জল জমিয়া বরফে পরিণত হয়। এ্যামোনিয়া গ্যাস পাম্পের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া বারংবার একই পদ্ধতির পুনরাবৃত্তি করা হয়।

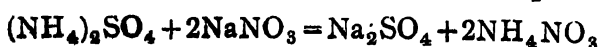
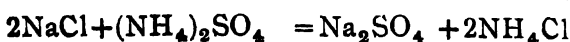
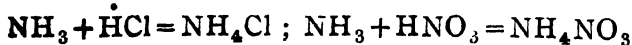
উপরিবর্ণিত পদ্ধতিতে তরল এ্যামোনিয়া, তরল কার্বনডাই-অক্সাইড, তরল সালফার ডাই-অক্সাইড প্রভৃতিকে দ্রুত বাষ্পীভবন করিয়া রেফ্রিজারেটর (refrigerator) প্রস্তুত করা হয়। মাংস, ফল প্রভৃতি পচনশীল দ্রব্যকে কোল্ড ষ্টোরেজে (cold storage) সংরক্ষিত করা হয়। গ্রীষ্ম প্রধান দেশে একই উপায়ে ঘরগুলিকে শীতল (air condition) রাখা হয়।

এ্যামোনিয়াম লবণ :
(Ammonium Salts)

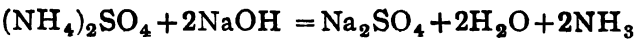
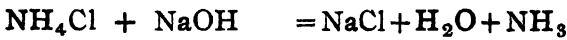
এ্যামোনিয়া একটি ক্ষারক (base), সুতরাং ইহা বিভিন্ন এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে। এই লবণগুলিকে **এ্যামোনিয়াম লবণ (Ammonium salts)** বলে। এই সব লবণে এ্যামোনিয়াম যৌগমূলক (NH_4-radical) থাকে। এ্যামোনিয়া একটি মৃদু ক্ষারক, কিন্তু ইহার লবণগুলি স্থায়ী যৌগিক (stable compound) পদার্থ। এ্যামোনিয়ার সহিত বিভিন্ন এ্যাসিড প্রশমিত (neutralise) করিয়া কিংবা এ্যামোনিয়াম সালফেট হইতে এ্যামোনিয়ার অন্যান্য লবণ প্রস্তুত হয়।

$$NH_3+HCl=NH_4Cl\ ;\ NH_3+HNO_3=NH_4NO_3$$

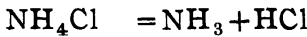
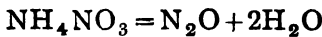
$$2NaCl+(NH_4)_2SO_4=Na_2SO_4+2NH_4Cl$$

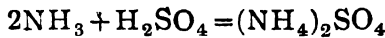
$$(NH_4)_2SO_4+2NaNO_3=Na_2SO_4+2NH_4NO_3$$

তীব্র ক্ষার এ্যামোনিয়াম লবণ হইতে এ্যামোনিয়াকে মুক্ত করে।

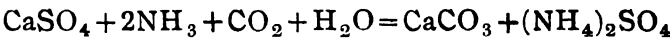
$$NH_4Cl + NaOH = NaCl + H_2O + NH_3$$

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O + 2NH_3$$

উত্তপ্ত করিলে কোন কোন এ্যামোনিয়াম লবণ উর্ধ্বপাতিত (sublime) হয়, যেমন—এ্যামোনিয়াম কার্বনেট ; আবার কোন কোন লবণ বিয়োজিত (decompose) হয়, যেমন—এ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

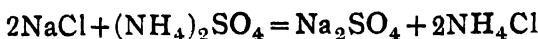
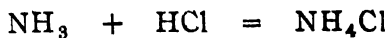
$$NH_4Cl = NH_3 + HCl$$

এ্যামোনিয়াম সালফেট (Ammonium Sulphate) :—কয়লার অন্তর্ধূম পাতন (destructive distillation of coal) দ্বারা বা হেবার পদ্ধতিতে প্রাপ্ত এ্যামোনিয়াকে সোজাসুজি 60% সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত সংযুক্ত করিলে এ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত হয়।

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

খনিজ জিপসাম বা ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4, 2H_2O$) বিচূর্ণ জলে ভাসমান (suspended) অবস্থায় রাখিয়া উহার ভিতরে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও এ্যামোনিয়া গ্যাসের প্রবাহ পাঠাইলে এ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী হয়।

$$CaSO_4 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$$

বিক্রিয়া শেষে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং এ্যামোনিয়াম সালফেট জলে দ্রবীভূত থাকে। পরিস্রাবণ দ্বারা ক্যালসিয়াম কার্বনেট পৃথক করিয়া স্ফটিকীকরণ পদ্ধতিতে এ্যামোনিয়াম সালফেট উদ্ধার করা হয়। সিন্ধ্রিতে এইভাবে এ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারীর ব্যবস্থা আছে। এ্যামোনিয়াম সালফেট স্বচ্ছ স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। ইহা প্রধানতঃ জমির সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া অন্যান্য এ্যামোনিয়াম লবণ প্রস্তুতেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বা নিশাদল (Ammonium Chloride) :—হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের সহিত এ্যামোনিয়ার সংযোগ ঘটাইয়া বা খাদ্য লবণের সহিত এ্যামোনিয়াম সালফেট মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

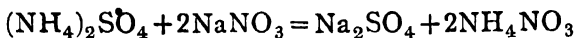
$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

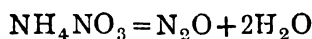
$$2NaCl + (NH_4)_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2NH_4Cl$$

এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহা তাপ দিলে উর্ধ্বপাতিত

(sublime) হয়। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং দ্রবীভূত হওয়ার সময় প্রচুর তাপ শোষণ করে। ইহা রসায়নাগারে বিকারক (laboratory reagent) হিসাবে, ঔষধ হিসাবে, শুষ্ক সেল বা ব্যাটারীতে, রঞ্জন শিল্পে এবং ঝালাই শিল্পে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

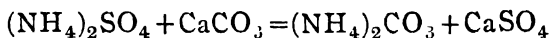
এ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (Ammonium Nitrate) :—নাইট্রিক এ্যাসিড এ্যামোনিয়া দ্বারা প্রশমিত করিলে, অথবা এ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।

$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2NH_4NO_3$$

ইহা সাদা স্ফটিকরূপে পাওয়া যায় এবং জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া নাইট্রাস-অক্সাইড (N_2O) উৎপন্ন করে।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

ইহা বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে এবং সাররূপে ব্যবহৃত হয়।

এ্যামোনিয়াম কার্বনেট (Ammonium Carbonate) :—এ্যামোনিয়াম সালফেটের সহিত খড়িমাটি ($CaCO_3$) মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে এ্যামোনিয়াম কার্বনেট ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া যায়।

$$(NH_4)_2SO_4 + CaCO_3 = (NH_4)_2CO_3 + CaSO_4$$

ইহা সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহা ঔষধে "স্মেলিংসল্ট" (smelling salt) রূপে ব্যবহৃত হয় এবং রসায়নাগারে বিকারকরূপে (reagent) ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রিক এ্যাসিড
(Nitric Acid)

আণবিক সংকেত—HNO_3 আণবিক গুরুত্ব—63

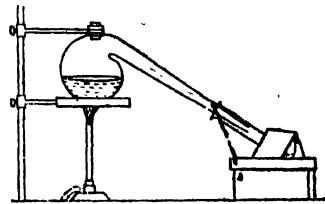
ইতিহাস (History) :—এ্যালকেমি (Alchemy) যুগের বিজ্ঞানীরা নাইট্রিক এ্যাসিডের নাম জানিতেন এবং ইহার শক্তি সম্পর্কে তাঁহারা অবগত ছিলেন। সেইজন্য তাঁহারা ইহার নাম দিয়াছিলেন "এ্যাকোয়া ফর্টিস" (aqua-fortis) বা 'শক্তিশালী জল'। অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে বিজ্ঞানী **গেবার (Geber)** ফটকিরি (alum) ও হিরাকসের (ferrous sulphate) সহিত নাইটার (nitre) বা সোরা একত্রে পাতিত করিয়া এ্যাকোয়া ফর্টিস তৈয়ারী করেন। সপ্তদশ শতাব্দীর মধ্যভাগে বিজ্ঞানী **গ্লবার (Glauber)** নাইটার ও সালফিউরিক এ্যাসিড

উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রিক এ্যাসিড তৈয়ারী করেন। ১৭৭৬ খৃষ্টাব্দে ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করেন যে, নাইট্রিক এ্যাসিড হইল নাইট্রোজেনের অক্‌সি-এ্যাসিড এবং ১৮১৬ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী গে-লুসাক (Gay-Lussac) নাইট্রিক এ্যাসিডের আয়তন সংযুতি (volumetric composition) নির্ণয় করেন।

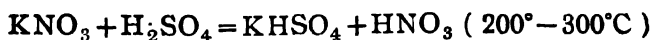
অবস্থান (Occurrence) :—আকাশে বিদ্যুৎক্ষরণের ফলে বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্‌সিজেন মিলিত হইয়া নাইট্রিক অক্‌সাইড (NO) গঠন করে ও অতিরিক্ত বায়ুর সহিত নাইট্রোজেন পারক্‌সাইড (NO_2) গঠিত হয়। এই নাইট্রোজেন পারক্‌সাইড বায়ুর জলীয় বাষ্পের সহিত মিলিত হইয়া নাইট্রিক এ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই কারণেই বায়ুমণ্ডলীতে মুক্ত-অবস্থায় স্বল্প পরিমাণে নাইট্রিক এ্যাসিড পাওয়া যায়। বৃষ্টিপাতের ফলে বায়ুর নাইট্রিক এ্যাসিড ভূমিতে পড়িয়া নাইট্রেট লবণে পরিণত হয়। ইহা ছাড়া খনিজ হিসাবে ভারতে সোরা (KNO_3) বা সল্টপিটার (nitre or salt-petre) এবং চিলির সমুদ্র-উপকূলে প্রচুর চিলি সল্টপিটার (chile saltpetre—$NaNO_3$) পাওয়া যায়।

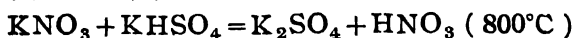
নাইট্রিক এ্যাসিড প্রস্তুতি
(Preparation of Nitric Acid)

নাইট্রিক এ্যাসিড একটি উদ্বায়ী (volatile) এ্যাসিড। সেইজন্য নাইট্রেট লবণের সহিত কোন অনুদ্বায়ী এ্যাসিড (non-volatile acid) মিশ্রিত করিয়া পাতন করিলে নাইট্রিক এ্যাসিড পাতিত হইয়া আসে। নাইট্রেট লবণরূপে সাধারণতঃ সোডিয়াম বা পটাশিয়াম নাইট্রেট লওয়া হয় এবং অনুদ্বায়ী এ্যাসিড হিসাবে সর্বদা গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড (concentrated sulphuric acid) লওয়া হয়। কারণ সালফিউরিক এ্যাসিড একটি তীব্র এ্যাসিড।

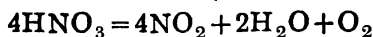
রসায়নাগার পদ্ধতি (Laboratory Process) :—রসায়নাগারে একটি কাচের ছিপিযুক্ত বকযন্ত্রে (retort) সম পরিমাণ ওজনের পটাশিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড লওয়া হয়। বকযন্ত্রটি ধারকের (retort stand) [illegible] জালির উপর বসাইয়া ইহার মুখটি একটি গোলাকার তল ফ্লাস্কের ভিতর প্রবিষ্ট করান হয়। গোলাকার তল ফ্লাস্কটি গ্রাহকের (receiver) কাজ করে। গ্রাহকটিকে শীতল রাখার জন্য একটি

রসায়নাগারে নাইট্রিক এ্যাসিড প্রস্তুতি

জলপূর্ণ পাত্রের উপর রাখা হয় এবং উপরে ভিজা কাপড়ের টুকরা জড়াইয়া দেওয়া হয় এইবার বুন্‌সেন দীপ দ্বারা ধীরে ধীরে বকযন্ত্রটি উত্তপ্ত করিলে 200°C উষ্ণতায় নাইট্রিব এ্যাসিড উৎপন্ন হইবে ও পাতিত হইয়া শীতল গ্রাহকে ঈষৎ হরিদ্রাভ তরল পদার্থরূপে ঘনীভূত হইবে এবং পাত্রে পড়িয়া থাকিবে পটাশিয়াম বাইসালফেট ($KHSO_4$)।

$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3 \ (200° - 300°C)$$

পটাশিয়াম নাইট্রেট উদ্বৃত্ত থাকিলে উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া 800°C করিলে আরও নাইট্রিক এ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং পাত্রে পড়িয়া থাকে পটাশিয়াম সালফেট (K_2SO_4)

$$KNO_3 + KHSO_4 = K_2SO_4 + HNO_3 \ (800°C)$$

কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়াটি প্রথম স্তরেই সীমাবদ্ধ করা হয়, দ্বিতীয় স্তর পর্যন্ত বিক্রিয়াটি ঘটানো হয় না। কারণ—

১। দ্বিতীয় স্তরের বিক্রিয়া সম্পন্নের জন্য উচ্চ তাপের প্রয়োজন এবং উচ্চ তাপে নাইট্রিক এ্যাসিড কতকাংশে বিশ্লেষিত হইয়া যায়।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

২। উচ্চ উষ্ণতায় নাইট্রিক এ্যাসিড বকযন্ত্রের কাচ ক্ষয় করিয়া ফেলে। ধাতুনির্মিত বকযন্ত্র হইলে—ধাতুর সহিত তীব্র বিক্রিয়া করে।

৩। প্রথম স্তরে উৎপন্ন পটাশিয়াম বাইসালফেট ($KHSO_4$) তরল অবস্থায় থাকে বলিয়া সহজেই বকযন্ত্র হইতে বাহির করা যায। দ্বিতীয় স্তরে উৎপন্ন পটাশিয়াম সালফেট (K_2SO_4) কঠিন আকারে বকযন্ত্রের গায়ে জমিয়া উঠে বলিয়া বাহির করা কষ্টকর। সেইজন্য নাইট্রিক এ্যাসিড প্রস্তুতের বিক্রিয়াটি সর্বদা অসম্পূর্ণ রাখিতে হয়।

উৎপন্ন নাইট্রিক এ্যাসিড সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ হয় না, উহার মধ্যে কিছু নাইট্রোজেন পারক্সাইড দ্রবীভূত থাকে। সেইজন্য নাইট্রিক এ্যাসিডের বর্ণ দেখিতে হরিদ্রাভ হয়। বিশুদ্ধ নাইট্রিক এ্যাসিড বর্ণহীন। এই নাইট্রিক এ্যাসিডে কিছু গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া নিম্নচাপে পাতন করিয়া (distillation under reduced pressure) পাতিত নাইট্রিক এ্যাসিডের মধ্যে বায়ু চালনা করিলে নাইট্রোজেন পারক্সাইড দূরীভূত হয়, ফলে বিশুদ্ধ নাইট্রিক এ্যাসিড পাওয়া যায়।

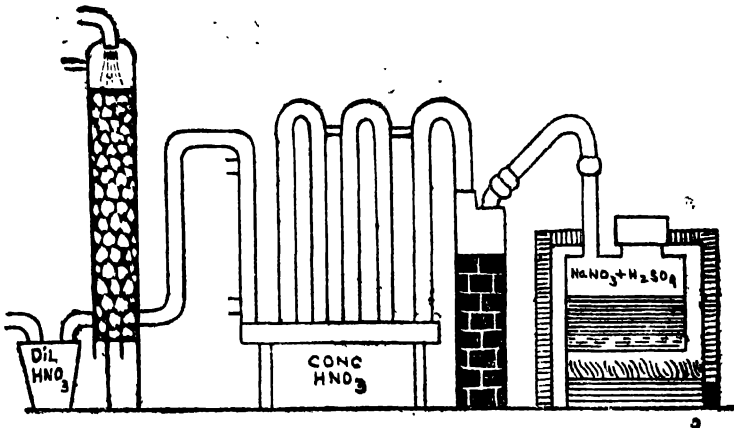
নাইট্রিক এ্যাসিডের বৃহদায়তন উৎপাদন (Manufacture of Nitric Acid) :—প্রচুর পরিমাণে নাইট্রিক এ্যাসিড উৎপাদনে সাধারণতঃ তিনটি প্রণালী অবলম্বিত হয়। যথা—

১। চিলি সল্টপিটার হইতে—"পাতন প্রণালী" (Distillation Process)

২। বায়ুর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সংযোগ হইতে—"আর্ক প্রণালী" (Arc Process)

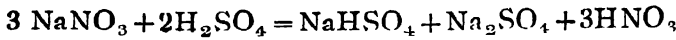
৩। এ্যামোনিয়ার জারণ হইতে—"ওস্‌ওয়াল্ড প্রণালী" (Ostwald Process)

১। **পাতন প্রণালী (Distillation Process) :**—চিলির সমুদ্রোপকূলে প্রচুর পরিমানে চিলি সল্ট-পিটার (Chile Salt-petre) বা সোডিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়। এই সল্ট-পিটারের সহিত গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড মিশাইয়া পাতিত করিয়া রসায়নাগার পদ্ধতির ন্যায় বৃহদায়তনে নাইট্রিক এ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

একটি বড় লোহার পাত্রে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড ও সল্ট-পিটারের পরিমাণ এমন অনুপাতে লইতে হয় যাহাতে সামান্য উষ্ণতায় শুধু প্রাথমিক বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়। লোহা পাত্রটি একটি ইষ্টক নির্মিত প্রকোষ্ঠে রাখা হয়। প্রকোষ্ঠটির তলায় একটি চুল্লী আছে। কয়লার সাহায্যে চুল্লীটি 200°C – 250°C পর্য্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। এখন, চুল্লীটি এমনভাবে অবস্থিত যে, তপ্ত গ্যাস লোহার পাত্রটির চারিদিকে প্রবাহিত হইয়া ইহাকে সমভাবে উত্তপ্ত করিতে পারে। ফলে নাইট্রিক এ্যাসিড পাত্রের মধ্যে

চিলি নাইটার হইতে নাইট্রিক এ্যাসিড প্রস্তুতি

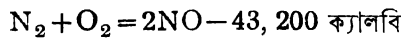
গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে, তরলের আকার ধারণ করিতে পারে না। এইরূপ করিবার কারণ নাইট্রিক এ্যাসিড তরল অবস্থায় লোহা আক্রমণ করিতে পারে, কিন্তু গ্যাসীয় অবস্থায় পারে না। এখন নাইট্রিক এ্যাসিড বাষ্প উপরের একটি নির্গম নল দ্বারা বাহির হইয়া প্রথমে পাথর দ্বারা নির্মিত একটি উলফ বোতলে যায়, পরে পর পর কতকগুলি সিলিকা (silica) দ্বারা নির্মিত শীতক নলে (condenser) প্রবেশ করে। নাইট্রিক এ্যাসিড বাষ্প এই সকল নলে প্রবেশ করায় উষ্ণতা কমিয়া যায়, ফলে ঘনীভূত হইয়া তরল নাইট্রিক এ্যাসিডে পরিণত হইয়া নিম্নে রক্ষিত পাত্রে সঞ্চিত হয়।

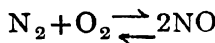
অবশিষ্ট গ্যাস একটি সুউচ্চ স্তম্ভের (tower) নীচে প্রবেশ করে এবং উপরদিকে **উঠিতে থাকে।** এই স্তম্ভ পাথরের টুকরা দ্বারা পূর্ণ থাকে এবং উহার উপর হইতে একটি জলস্রোত নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। নাইট্রিক এ্যাসিডের বাষ্প এবং জলের বিপরীত প্রবাহ দুইটি সংস্পর্শে আসিলে অবশিষ্ট বাষ্প জলে দ্রবীভূত হইয়া নীচে রক্ষিত পাত্রে লঘু নাইট্রিক এ্যাসিডরূপে সঞ্চিত হয়।

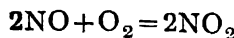
$$3\,NaNO_3 + 2H_2SO_4 = NaHSO_4 + Na_2SO_4 + 3HNO_3$$

লোহার পাত্র উত্তাপের ফলে নাইট্রিক এ্যাসিডের যে সামান্য অংশ বিযোজিত (dissociate) হইয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছিল তাহাও এই জলে দ্রবীভূত হইয়া পুনরায় নাইট্রিক এ্যাসিড উৎপন্ন করে।

ভারতে আজকাল এই পদ্ধতিতে নাইট্রিক এ্যাসিড উৎপন্ন হইতেছে।

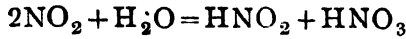
*** ২। আর্ক প্রণালী (Arc Process)** :—বায়ুর অফুরন্ত নাইট্রোজেনের **সহিত অক্সিজেনের** প্রত্যক্ষ সংযোগ (synthesis) ঘটাইয়া নাইট্রিক এ্যাসিড গঠনের **কল্পনা** বহুদিন হইতে ছিল। অবশেষে ১৯০৩ খৃষ্টাব্দে জার্মান বিজ্ঞানীদ্বয় **বার্কল্যাণ্ড (Birekeland)** এবং **আইড (Eyde)** সফলকাম হন। এইজন্য এই পদ্ধতিকে **বার্কল্যাণ্ড ও আইড পদ্ধতি (Birekeland and Eyde Process)** বলা হয়। **নাইট্রোজেন** ও অক্সিজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ বিক্রিয়াটি **তাপগ্রাহী (Endothermic)** বলিয়া অত্যধিক উত্তাপের সাহায্যে সংযোগ ঘটানো হয়।

$$N_2 + O_2 = 2NO - 43,200 \text{ ক্যালরি}$$

এই প্রণালীতে প্রথমে একটি বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 3000°—3500°C উত্তপ্ত একটি **বৈদ্যুতিক আর্কের** (Electric arc) ভিতর দিয়া বিশুদ্ধ বায়ু প্রবাহ পরিচালিত করা হয়। ফলে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করে।

$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$$

বিক্রিয়াটি উভমুখী (reversible) বলিয়া উৎপন্ন নাইট্রিক **অক্সাইডের অধিকাংশ বিয়োজিত** হইয়া যায়। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড (1·5%) ও অতিরিক্ত বায়ুকে **দ্রুততর** 500°C পর্যন্ত শীতল করা হয়। পরে নাইট্রিক অক্সাইড ও অতিরিক্ত বায়ু **একটি কক্ষে** প্রবাহিত করিয়া উষ্ণতা আরও কমাইয়া 50°C-এ আনা হয়। ফলে **নাইট্রিক অক্সাইড** জারিত হইয়া নাইট্রোজেন পরক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

* পাঠ্যবিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে। ছাত্রদের সাধারণ জ্ঞানের জন্য দেওয়া হইল।

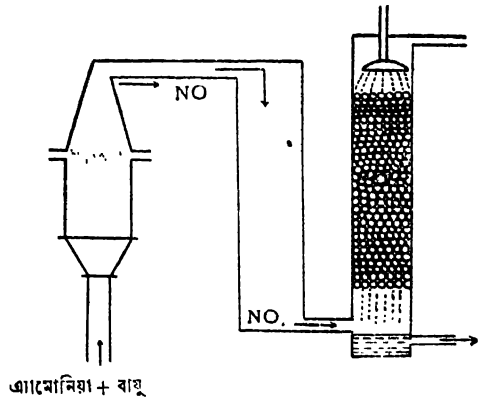
উৎপন্ন নাইট্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তরদ্বারা পূর্ণ শোষণ স্তম্ভে (absorption tower) চালনা করা হয় এবং স্তম্ভের উপর হইতে জলধারা প্রবাহিত করা হয়। নাইট্রোজেন পারক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস এ্যাসিড ও নাইট্রিক এ্যাসিড উৎপন্ন করে। উৎপন্ন নাইট্রাস এ্যাসিড পরে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রিক এ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

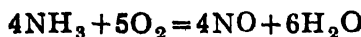
$$2NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$$
$$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO$$

এই নাইট্রিক অক্সাইডকে পুনরায় কার্যে ব্যবহৃত করা হয়।

এই পদ্ধতিটি বায়ু এবং জল হইতে প্রত্যক্ষ ভাবে নাইট্রিক এ্যাসিড পাওয়া যায় বলিয়া আপাত দৃষ্টিতে (apparently) সুলভ বলিয়া মনে হয়। কিন্তু ইহাতে প্রচুর বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন। সেইজন্য যে সব দেশে জলপ্রপাত হইতে সস্তায় বৈদ্যুতিক শক্তির সংগ্রহ করার উপায় নাই, সেই সব দেশে এই পদ্ধতি বাতিল হইয়াছে।

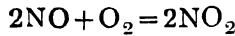
৩। এ্যামোনিয়ার জারণ প্রণালী (Oxidation of Ammonia):—

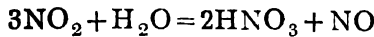
হেবার (Haber) পদ্ধতিতে প্রাপ্ত এ্যামোনিয়া গ্যাসকে জারিত (oxidised) করিয়া নাইট্রিক এ্যাসিড উৎপাদনের উপায় উদ্ভাবন করেন জার্মান বিজ্ঞানী **ওসওয়াল্ড (Ostwald)**। সেইজন্য এই পদ্ধতিকে ওস্ওয়াল্ড প্রণালী (Ostwald Process) বলা হয়। আজকাল এই পদ্ধতিতে পৃথিবীর অধিকাংশ স্থানেই নাইট্রিক এ্যাসিড প্রস্তুত হইতেছে।

এই পদ্ধতিতে প্রথমে বিশুদ্ধ বায়ু ও এ্যামোনিয়া আয়তন হিসাবে 9 : 1 অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া একটি প্রভাবক প্রকোষ্ঠে (converter) চালিত করা হয়। প্রকোষ্ঠটি এ্যালুমিনিয়াম ধাতুর দ্বারা নির্মিত এবং ইহার মধ্যে কয়েকটি প্লাটিনাম তারজালি বিস্তৃত থাকে। বিক্রিয়ার পূর্বে প্রকোষ্ঠটিকে বিদ্যুতের সাহায্যে 700°—900°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত রাখা হয়। প্লাটিনাম প্রভাবক (catalyst) উপস্থিতিতে এ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

ওসওয়াল্ড প্রণালী

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

.বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক (exotherimic) বলিয়া বিক্রিয়া আরম্ভের পূর্বে প্রকোষ্ঠটি বিদ্যুৎ প্রবাহ দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া বিদ্যুহ প্রবাহ (electric current) চালনা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। কারণ উৎপন্ন তাপই প্লাটিনাম তারজালিকে ঐ উষ্ণতার সীমার মধ্যে উত্তপ্ত রাখিয়া থাকে। এখন, প্রভাবক প্রকোষ্ঠে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হওয়ার পরও বায়ুর অনেক অক্সিজেন-উদ্বৃত্ত থাকিয়া যায়।

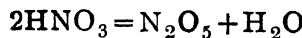
এই উত্তপ্ত নাইট্রিক অক্সাইড এবং উদ্বৃত্ত অক্সিজেন একটি খালি প্রকোষ্ঠে পাঠান হয়। এই কক্ষে নাইট্রিক অক্সাইড অবশিষ্ট অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইড গঠন করে।

$$2NO+O_2=2NO_2$$

উৎপন্ন নাইট্রোজেন পারক্সাইডকে পরস্পর সংলগ্ন দুই-তিনটি স্তম্ভের (tower) মধ্য দিয়া চালিত করা হয়। স্তম্ভগুলিতে স্ফটিকের (quartz) টুকরা দ্বারা পূর্ণ থাকে এবং উহাদের উপর হইতে শীতল জল দ্বারা প্রবাহিত করা হয়। নিম্নগামী জলধারার সংস্পর্শে ঊর্দ্ধগামী গ্যাস আসিলে গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইয়া লঘু নাইট্রিক এ্যাসিড প্রস্তুত হয়।

$$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$$

উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডকে পুনরায় জারিত করিয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক এ্যাসিড প্রস্তুত হয়।

নাইট্রিক এ্যাসিডের ধর্ম :
(Properties of Nitric Acid)

ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :—বিশুদ্ধ নাইট্রিক এ্যাসিড বর্ণহীন, অম্লস্বাদযুক্ত এবং শ্বাসরোধী গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। কিন্তু নাইট্রিক এ্যাসিডে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহা দেখিতে বাদামী বর্ণের হয়। ইহা একটি উদ্বায়ী তরল পদার্থ এবং স্বাভাবিক অবস্থায় ও জলীয় বাষ্পের পরিমণ্ডলে ধূমায়িত হইতে দেখা যায়। সাধারণ উষ্ণতাতেও নাইট্রিক এ্যাসিড অল্প পরিমাণে বিয়োজিত হইতে থাকে।

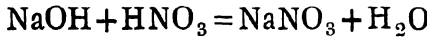
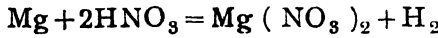
$$2HNO_3=N_2O_5+H_2O$$

ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·52 এবং -42°C উষ্ণতায় তরল এ্যাসিড কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। জলের মধ্যে যে কোন অনুপাতে নাইট্রিক এ্যাসিড দ্রবীভূত হইতে পারে।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—নাইট্রিক এ্যাসিড একটি

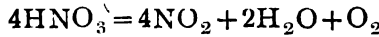
তীব্র এ্যাসিড। ইহা নীল লিটমাস দ্রবণকে লাল করে। ইহা যে একটি এ্যাসিড তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলির দ্বারা বর্ণনা করা যায়—

১। একটি পরীক্ষা নলে কয়েক ফোঁটা নীল লিটমাস দ্রবণ লইয়া ইহাতে এক ফোঁটা নাইট্রিক এ্যাসিড ফেলিয়া দিলে দ্রবণটি লাল হইয়া যাইবে।

২। ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রেট লবণ ও জল উৎপন্ন হয়। যেমন,

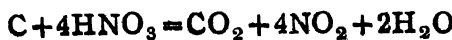
$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$

৩। ইহার হাইড্রোজেন ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। যেমন, একটি পরীক্ষানলে অল্প লঘু নাইট্রিক এ্যাসিড লইয়া তাহাতে কিছু ম্যাগনেসিয়াম পাউডার ফেলিয়া দিলে ভূর ভূর করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইবে।

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$

তাপের প্রভাব—উচ্চ তাপে নাইটিক এ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইড, জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

পরীক্ষা—উত্তপ্ত ঝামা পাথরের (Pumice stone) উপর ফোঁটা ফোঁটা গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড ফেলিলে নাইট্রিক এ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইড, জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। হিম মিশ্র (freezing mixture) দ্বারা আবৃত একটি U-নলের ভিতর দিয়া এই গ্যাস মিশ্রণ প্রবাহিত করিলে নাইট্রোজেন পারক্সাইড এবং জল তরলিত হয়। জল অপসারণ দ্বারা যথারীতি অক্সিজেন গ্যাস সংগ্রহ করা যায়।

জারণ ক্ষমতা—নাইট্রিক এ্যাসিড একটি তীব্র জারক (oxidising agent)। কারণ নাইট্রিক এ্যাসিডে অক্সিজেন পরমাণুর অনুপাত অনেক বেশী এবং তাপের প্রভাবে ইহা দ্রুত বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। উৎপন্ন অক্সিজেন জারকের কাজ করে।

সেইজন্য নাইট্রিক এ্যাসিড (নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন, ব্রোমিন প্রভৃতি অধাতু বাদে) অধিকাংশ অধাতব মৌলের সহিত বিক্রিয়ায় অধাতব অক্সাইড গঠন করে। কোন কোন ক্ষেত্রে অধাতব অক্সাইডটি উৎপন্ন জলের সহিত দ্বিতীয় পর্য্যায়ে বিক্রিয়ায় তাহাদের অক্সি-এ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই সকল বিক্রিয়াতে নাইট্রিক এ্যাসিড নিজে বিজারিত হইয়া সর্বদাই **নাইট্রোজেন পারক্সাইডে** পরিণত হয়। যেমন কার্বন নাইট্রিক এ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া কার্বন-ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

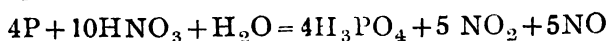
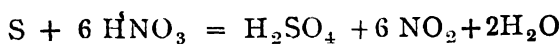
$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

পরীক্ষা :—(১) একটি জারের মধ্যে অল্প পরিমাণ গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড লইয়া ইহাতে উত্তপ্ত কার্বনের টুকরা বা একটি জ্বলন্ত কাঠের কুচি ফেলিয়া দিলে বিস্ফোরণের আকারে কার্বন তীব্র শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে।

(২) এ্যাস্‌বেস্‌টস মাখা তারজালির উপর অল্প কাঠের গুঁড়া বা কিছু খড় রাখিয়া দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া উহার উপর কয়েক ফোঁটা গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড ফেলিলে কাঠের গুঁড়া বা খড় স্ফুলিংগ সহকারে জ্বলিয়া উঠিবে।

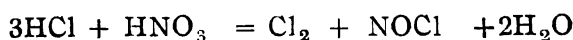
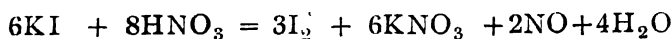
সেইরূপ সালফার, আয়োডিন ও ফসফরাসকে নাইট্রিক এ্যাসিড জারিত করিয়া যথাক্রমে সালফিউরিক, আয়োডিক ও ফসফরিক এ্যাসিডে পরিণত করে।

$$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$

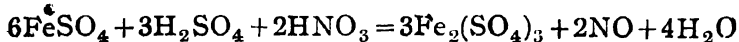
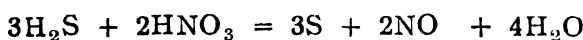
$$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$$

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO_2 + 5NO$$

মৌল (element) ছাড়া অনেক যৌগিক পদার্থও (compound) নাইট্রিক এ্যাসিড দ্বারা জারিত হয়। যেমন, আয়োডাইড ও ব্রোমাইড যৌগসমূহ হইতে আয়োডিন ও ব্রোমিন নির্গত হয়, হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড হইতে ক্লোরিণ নির্গত হয়।

$$6KI + 8HNO_3 = 3I_2 + 6KNO_3 + 2NO + 4H_2O$$

$$3HCl + HNO_3 = Cl_2 + NOCl + 2H_2O$$

সেইরূপ, লেড সালফাইড জারিত হইয়া লেড সালফেটে, হাইড্রোজেন সালফাইড জারিত হইয়া সালফারে, ফেরাস সালফাইড জারিত হয় ফেরাস সালফেটে এবং ফেরাস সালফেটকে নাইট্রিক ও সালফিউরিক এ্যাসিড মিশ্রণ দ্বারা স্ফুটন করিলে পুনরায় জারিত হইয়া ফেরিক সালফেটে পরিণত হয়।

$$3H_2S + 2HNO_3 = 3S + 2NO + 4H_2O$$

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$

জৈব পদার্থের উপর ক্রিয়া—নাইট্রিক এ্যাসিড অনেক জৈবজাতীয় (organic compound) যৌগিক পদার্থকে জারিত করে। যেমন, তার্পিন তৈল, কোহল (alcohol) প্রভৃতি নাইট্রিক এ্যাসিডের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে এবং জারিত হইয়া যায়। নাইট্রিক এ্যাসিড অত্যন্ত ক্ষারী (corrosive)। ইহা গায়ের চামড়ায় লাগিলে চামড়া জ্বলিয়া যায় এবং রং হলদে হইয়া যায়। ইহার কারণ, চামড়ার প্রোটিনের (protein) সহিত নাইট্রিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে জানথোপ্রোটেইক এ্যাসিড (xanthoproteic acid) উৎপন্ন হয়। লঘু নাইট্রিক এ্যাসিডও পালক, পশুর চামড়া, রেশম প্রভৃতিতে হলদে রং করিয়া দেয়। কোন কোন জৈব পদার্থের সহিত

নাইট্রিক এ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে নাইট্রো যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন, গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড তুলার সহিত বিক্রিয়ায় **গান কটন** (**gun cotton**) বা নাইট্রো-সেলুলোজ (nitro-cellulose) প্রস্তুত হয়। গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড শীতল গ্লিসারিনের সহিত ক্রিয়ায় **নাইট্রো-গ্লিসারিন** (**nitro-glycerine**) নামক প্রবল বিস্ফোরক পদার্থ উৎপন্ন হয়। সুইডিস বিজ্ঞানী আলফ্রেড নোবল (Alfred Nobel), কিসেলগার (kiselgur) নামক বালুময় পদার্থের সহিত নাইট্রো-গ্লিসারিন মিশাইয়া **ডিনামাইট** (**dynamite**) নামক বিস্ফোরক প্রস্তুত করেন। ডিনামাইট বড় বড় পাহাড় ভাঙ্গিবার জন্য ব্যবহৃত হয়।

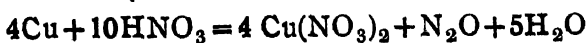
ধাতুর উপর ক্রিয়া :—সোনা, প্লাটিনাম, ইরিডিয়াম প্রভৃতি ধাতু ব্যতীত অধিকাংশ ধাতুর সহিত নাইট্রিক এ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটে। এ্যাসিডের সহিত ধাতুর বিক্রিয়ায় এ্যাসিডের হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারিত হইয়া ধাতব পরমাণুটি ইহার স্থান অধিকার করে এবং লবণ ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহাই হইল ধাতুর সহিত এ্যাসিডের বিক্রিয়ার সাধারণ নিয়ম। কিন্তু নাইট্রিক এ্যাসিডের ক্ষেত্রে এই নিয়মের ব্যতিক্রম দেখা যায়। কেবলমাত্র ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানীজ ধাতু দুইটি নাইট্রিক এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। কিন্তু অন্যান্য ধাতুর সহিত নাইট্রিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ায়—

(১) নাইট্রেট লবণ, (২) জল এবং (৩) নাইট্রোজেনের অক্সাইড এবং কোন কোন ক্ষেত্রে এ্যামোনিয়াম নাইট্রেটও গঠিত হয়। ইহার কারণ, নাইট্রিক এ্যাসিড প্রথমতঃ শক্তিশালী এ্যাসিড দ্বিতীয়তঃ শক্তিশালী জারক। প্রবল জারকগুণে ইহা ধাতুর সহিত ক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে জারিত (oxidised) করিয়া জলে পরিণত করে এবং নিজে বিজারিত (reduced) হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইডে পরিণত হয়।

এখন, নাইট্রোজেনের কোন্ অক্সাইডটি উৎপন্ন হইবে তাহা এ্যাসিডের ঘনত্ব, উষ্ণতা এবং ধাতুর প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। সাধারণতঃ ঘন নাইট্রিক এ্যাসিডে নাইট্রোজেন পারক্সাইড (NO_2) এবং লঘু নাইট্রিক এ্যাসিডে নাইট্রিক অক্সাইড (NO) গঠনের আগ্রহ অধিক। নিম্নে কয়েকটি ধাতুর সহিত নাইট্রিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ার সমীকরণ দেওয়া হইল :—

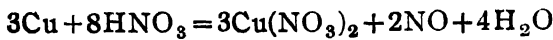
কপারের সহিত নাইট্রিক এ্যাসিডের বিক্রিয়া—

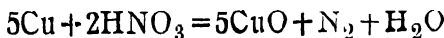
১। শীতল ও লঘু এ্যাসিডে, নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) উৎপন্ন হয়—

$$4Cu + 10HNO_3 = 4\,Cu(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

২। শীতল ও নাতিগাঢ় এ্যাসিডে, নাইট্রিক অক্সাইড (NO) উৎপন্ন হয়—

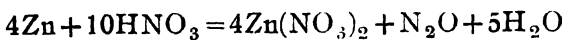
$$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

৩। উষ্ণ ও গাঢ় এ্যাসিডে, নাইট্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়—

$$Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$$

৪। তীব্র উত্তপ্ত কপারের উপর এ্যাসিড বাষ্পের বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়—

$$5Cu+2HNO_3=5CuO+N_2+H_2O$$

জিংকের (Zn) সহিত নাইট্রিক এ্যাসিডের বিক্রিয়া—

১। শীতল ও অতি লঘু এ্যাসিডে, নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) উৎপন্ন হয়—

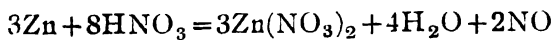
$$4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+N_2O+5H_2O$$

২। শীতল ও লঘু এ্যাসিডে এ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) উৎপন্ন হয়—

$$4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+NH_4NO_3+3H_2O$$

৩। শীতল ও নাতিগাঢ় এ্যাসিডে, নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়—

$$3Zn+8HNO_3=3Zn(NO_3)_2+4H_2O+2NO$$

৪। উষ্ণ ও গাঢ় এ্যাসিডে, নাইট্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়—

$$Zn+4HNO_3=Zn(NO_3)_2+2NO_2+3H_2O$$

আয়রণের সহিত নাইট্রিক এ্যাসিডের বিক্রিয়া—

১। শীতল ও লঘু এ্যাসিডে, ফেরাস নাইট্রেট ও এ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়—

$$4Fe+10HNO_3=4Fe(NO_3)_2+NH_4NO_3+3H_2O$$

২। উষ্ণ ও গাঢ় এ্যাসিডে, ফেরিক নাইট্রেট ও নাইট্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয় —

$$Fe+6HNO_3=Fe(NO_3)_3+3NO_2+3H_2O$$

৩। অতি গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিডের সহিত বিশুদ্ধ লৌহের কোন বিক্রিয়া হয় না, উহা নিষ্ক্রিয় অবস্থা (passive state) লাভ করে এবং সাময়িকভাবে সেই লৌহের রাসায়নিক গুণ লোপ পায়।

নাইট্রিক এ্যাসিডের ব্যবহার (Uses of Nitric acid) :—নাইট্রিক এ্যাসিড নাইট্রেট লবণ প্রস্তুতিতে, সালফিউরিক এ্যাসিড উৎপাদনে এবং রসায়নাগারে বিকারক (reagent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রিক এ্যাসিড প্রধানতঃ পিকরিক এ্যাসিড (Picric acid), গান কটন (Gun cotton), টি. এন. টি. (T. N. T.

—Tri Nitro Toluene) প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া কৃত্রিম রং, কৃত্রিম সিল্ক, সেলুলয়েড প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। কোন কোন বৈদ্যুতিক ব্যাটারী ও সেলেও নাইট্রিক এ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

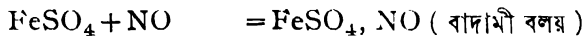
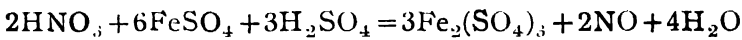
নিরীক্ষণ (**Tests**) :—১। ইহা নীল লিটমাস কাগজকে লাল করে।

২। ইহাতে কপার ছিলা (copper turnings) দিয়া উত্তপ্ত করিলে গাঢ় বাদামী গ্যাস (NO_2) উৎপন্ন হয়।

৩। স্বল্প পরিমাণ নাইট্রিক এ্যাসিডে এক টুকরা ব্রুসিন (brucine) দিলে এ্যাসিডের রং উজ্জ্বল লালবর্ণ হইয়া যায়।

৪। বলয় পরীক্ষা (Ring test)—একটি পরীক্ষা নলে (test tube) এক ফোঁটা নাইট্রিক এ্যাসিড লইয়া উহাতে জল মিশাইয়া অতি লঘু করা হইল। লঘু নাইট্রিক এ্যাসিডের 2—3 c.c. একটি পরীক্ষা নলে লইয়া উহাতে সম পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করা হইল। এখন ইহাতে অতিরিক্ত মাত্রায় সদ্যপ্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ অতি সতর্কভাবে যোগ করিলে দুইটি দ্রবণের মাঝে একটি বাদামী বর্ণের বলয় উৎপন্ন হইবে। ইহার কারণ, নাইট্রিক এ্যাসিড ফেরাস সালফেটের সহিত বিক্রিয়ায় বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে, এই নাইট্রিক অক্সাইড অতিরিক্ত ফেরাস সালফেট দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া একটি জটিল লবণ উৎপন্ন করে।

$$2HNO_3+6FeSO_4+3H_2SO_4=3Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O$$

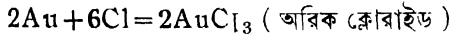
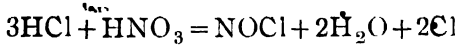
$$FeSO_4+NO = FeSO_4, NO \text{ (বাদামী বলয়)}$$

ইহাই নাইট্রিক এ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণ নিরীক্ষণের নিশ্চিত পরীক্ষা।

ফিউমিং নাইট্রিক এ্যাসিড (**Fuming Nitric acid**) :—গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিডকে অল্প স্টার্চ (starch) সহযোগে পাতন করিলে গাঢ় রক্তবর্ণের যে তরল পাওয়া যায়, উহাই ফিউমিং নাইট্রিক এ্যাসিড। এই এ্যাসিডে যথেষ্ট পরিমাণে নাইট্রোজন পারক্সাইড দ্রবীভূত থাকে বলিয়া ইহার রং লাল হয়। ফিউমিং নাইট্রিক এ্যাসিড সর্বদাই ধূমায়িত হইতে থাকে। ইহা গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড অপেক্ষাও অধিক শক্তিশালী জারক পদার্থ (oxidising agent)।

এ্যাকোয়া রিজিয়া (**Aqua-Regia**) :—3 ভাগ আয়তনে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড ও 1 ভাগ আয়তনে গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড মিশাইলে যে দ্রবণ **প্রস্তুত** হয় তাহাকে **এ্যাকোয়া রিজিয়া** (aqua-regia) বা **রাজ-জল বা অম্লরাজ** বলে।। সোনা, প্লাটিনাম প্রভৃতি ধাতু গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক বা **নাইট্রিক** এ্যাসিডে

দ্রবীভূত হয় না। কিন্তু এ্যাকোয়া রিজিয়ায় দ্রবীভূত হয়। তাহার কারণ, এ্যাকোয়া রিজিয়া হইতে যে সদ্যজাত ক্লোরিণ (nascent chlorine) উৎপন্ন হয় উহা অদ্রাব্য পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করিয়া দ্রাব্য ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করে।

$$3HCl + HNO_3 = NOCl + 2H_2O + 2Cl$$

$$2Au + 6Cl = 2AuCl_3$$ (অরিক ক্লোরাইড)

* নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ
(Oxides of Nitrogen)

নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পরস্পর মিলিত হইয়া পাঁচটি বিভিন্ন অক্সাইড গঠন করে। যথা—

১। নাইট্রোজেন মনোক্সাইড বা নাইট্রাস অক্সাইড— N_2O

২। নাইট্রিক অক্সাইড— NO

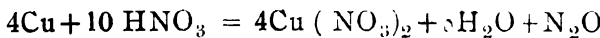
৩। নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড বা নাইট্রাস এ্যানহাইড্রাইড—N_2O_3

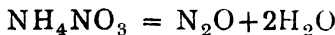
৪। নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড বা নাইট্রোজেন পারক্সাইড— N_2O_4 বা NO_2

৫। নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড বা নাইট্রিক এ্যানহাইড্রাইড— N_2O_5

নাইট্রিক এ্যাসিড একটি শক্তিশালী জারক পদার্থ। সেইজন্য রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নাইট্রিক এ্যাসিড জারণ ক্রিয়ায় নিজে বিজারিত (reduced) হইয়া নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্ন করে।

১। নাইট্রাস অক্সাইড (**Nitrous oxide—N_2O**) :—কপার বা জিংকের উপর শীতল লঘু নাইট্রিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4Cu + 10\,HNO_3 = 4Cu(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$$

রসায়নাগারে, বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র (pure and dry) এ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

নাইট্রাস অক্সাইড একটি মৃদু মিষ্ট গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন গ্যাস। ইহা শীতল জলে দ্রবণীয়। ইহা একটি প্রশম (neutral) অক্সাইড। নাইট্রাস অক্সাইড দাহ্য নহে, কিন্তু অক্সিজেনের ন্যায় ইহা দহনের সহায়তা (supporter of combustion) করে। এই গ্যাসটিতে শ্বাস নিলে, স্নায়ুতন্ত্রে মৃদু উত্তেজনার সৃষ্টি করে ফলে শ্বাসগ্রহণকারীর হাসির উদ্রেক হয়। সেইজন্য ইহাকে **লাফিং গ্যাস** (**Laughing**

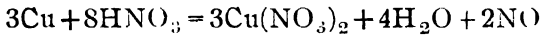
---

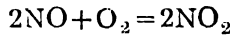
† নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডের প্রস্তুতি ও ধর্মের বিস্তৃত বিবরণ পাঠ্য বিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে।

gas) বলে। কিন্তু এই গ্যাসে অতিরিক্ত শ্বাস লইলে জ্ঞান হারাইয়া মৃত্যু ঘটিতে পারে।

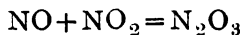
নাইট্রাস অক্সাইড সতর্কভাবে আঘ্রাণ করিলে আঘ্রাণকারী সাময়িকভাবে অচেতন হইয়া পড়ে বলিয়া উনবিংশ শতকে ইহা অস্ত্রোপচার (surgical operation) কার্যে **নিশ্চেতক (anaesthetic)** রূপে ব্যবহার করা হইত। ইহার নিশ্চেতক ক্রিয়া নির্দোষ হইলেও ইহার ক্রিয়া ক্ষণস্থায়ী এবং ব্যয়বহুল বলিয়া আধুনিক কালে অন্যান্য নিশ্চেতক ব্যবহার করা হয়।

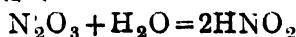
২। **নাইট্রিক অক্সাইড (Nitric oxide—NO)** :—একটি উলফ্ বোতলে কপার বা জিংকের টুকরা লইয়া ইহার উপর শীতল ও নাতিগাঢ় (cold and moderate) নাইট্রিক এ্যাসিড ঢালিলে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

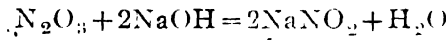
$$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+4H_2O+2NO$$

নাইট্রিক অক্সাইড বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস এবং জলে অদ্রবণীয়। ইহা একটি প্রশম অক্সাইড। ইহা দাহ্য নয় (noncombustible) এবং ক্ষীণভাবে জ্বলন্ত পদার্থের ক্ষেত্রেও দহনের সহায়ক নয়। কিন্তু অতিতপ্ত উজ্জ্বল পদার্থকে জ্বলিতে সাহায্য করে। ইহা অতি সহজেই অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া গাঢ় বাদামী রংয়ের নাইট্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2NO+O_2=2NO_2$$

প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে (chamber process) সালফিউরিক এ্যাসিডের শিল্প উৎপাদনে নাইট্রিক অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

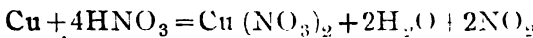
৩। **নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড (Nitrogen trioxide -N_2O_3) :—** নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড বিশুদ্ধ অক্সাইড নহে। ইহা নাইট্রিক অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন পারক্সাইডের একটি মিশ্র। সুতরাং নাইট্রিক অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন পারক্সাইড পৃথকভাবে প্রস্তুত করিয়া, উহাদের একত্রে একটি হিমমিশ্রে (freezing mixture) অবস্থিত U-টিউবের মধ্য দিয়া চালনা করিলে, গাঢ় নীল রংয়ের নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়।

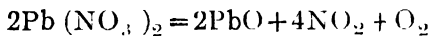
$$NO+NO_2=N_2O_3$$

সাধারণ উষ্ণতায় অনার্দ্র (dry) নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড একটি রক্তাভ বাদামী রংয়ের গ্যাস। শীতল করিলে ইহা ঘনীভূত হইয়া নীল রংয়ের তরল পদার্থে পরিণত হয়। ইহা জলে দ্রবণীয়, এবং জলীয় দ্রবণে ইহা নাইট্রাস এ্যাসিড উৎপন্ন করে। সেইজন্য ইহাকে নাইট্রাস এ্যানহাইড্রাইড বলে।

$$N_2O_3+H_2O=2HNO_2$$

ইহা একটি এ্যাসিডিক অক্সাইড, সুতরাং ইহা ক্ষার দ্রবণে শোষিত হইয়া নাইট্রাইট (Nitrite) লবণ উৎপন্ন করে।

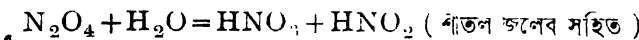
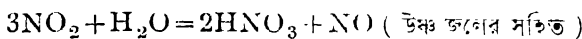
$$N_2O_3+2NaOH=2NaNO_2+H_2O$$

নাইট্রাইট লবণ প্রস্তুতের জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

৪। **নাইট্রোজেন পারক্সাইড (Nitrogen Peroxide—NO_2) :**—কপার বা জিংকের সহিত গাঢ় ও উষ্ণ নাইট্রিক এ্যাসিড বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়।

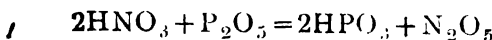
$$Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2H_2O+2NO_2$$

রসায়নাগারে কোন ধাতব নাইট্রেটকে (সোডিয়াম ও পটাশিয়াম নাইট্রেট ব্যতীত) উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয় :

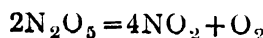
$$2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2+O_2$$

সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন পারক্সাইড একটি বাদামী বর্ণের গ্যাস। কিন্তু-9°C উষ্ণতায় ইহা বর্ণহীন স্ফটিক। এই কঠিন পদার্থ টিতে অণুগুলি N_2O_4 (nitrogen tetroxide) অবস্থায় থাকে। উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে ইহা ঈষৎ হলদে রংয়ের তরল পদার্থে পরিণত হয় এবং 22°C উষ্ণতায় ইহা বাদামী গ্যাসে পরিণত হয়। উষ্ণতা যতই বৃদ্ধি করা যায়, ইহার বর্ণ ততই লাল হইতে থাকে এবং N_2O_4 অণুগুলি বিয়োজিত হইয়া NO_2 অণুতে পরিণত হয়। N_2O_4 অণুগুলি বর্ণহীন, কিন্তু NO_2 অণুগুলি লালবর্ণের। নাইট্রোজেন পারক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস ও নাইট্রিক এ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$$ (উষ্ণ জলের সহিত)

$$N_2O_4+H_2O=HNO_3+HNO_2$$ (শীতল জলের সহিত)

নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণ প্রস্তুতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

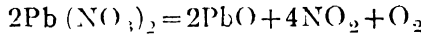
৫। **নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (Nitrogen Pentoxide—N_2O_5) :**—গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিডের সহিত ফসফরাস পেণ্টক্সাই (P_2O_5) মিশ্রিত করিয়া সামান্য উত্তপ্ত করিলেই নাইট্রিক এ্যাসিডের জল ফসফরাস পেণ্টক্সাইড শোষিত করিয়া লয় এবং নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়।

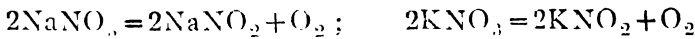
$$2HNO_3+P_2O_5=2HPO_3+N_2O_5$$

নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড একটি সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহা একটি এ্যাসিডিক অক্সাইড। উত্তপ্ত করিলে ইহা নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

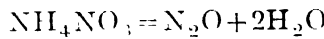
$$2N_2O_5=4NO_2+O_2$$

নাইট্রেট লবণ উৎপাদনে ও বিজারক পদার্থরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রেট (Nitrates)ঃ—নাইট্রিক এ্যাসিডের লবণকে নাইট্রেট বলে। সাধারণতঃ ধাতু, ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড, ধাতব কার্বনেটের সঙ্গে, লঘু নাইট্রিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে বিভিন্ন ধাতব নাইট্রেট লবণ গঠিত হয়। নাইট্রেট লবণ খুব স্থায়ী যৌগ (stable compound) নহে। উচ্চতাপে নাইট্রেট লবণ ভাঙ্গিয়া যায়। সমস্ত নাইট্রেট লবণই জলে দ্রবণীয়। নাইট্রেট লবণ সাধারণতঃ বর্ণহীন বা সাদা স্ফটিকরূপে পাওয়া যায়। কিউপ্রিক নাইট্রেটের বর্ণ নীল এবং ফেরাস নাইট্রেটের বর্ণ সবুজ।

নাইট্রেট লবণের উপর তাপের ক্রিয়া (Action of heat on nitrates)ঃ—লেড, কপার, মারকারি, জিংক প্রভৃতি গুরুভার ধাতুর (heavy metal) নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে বিয়োজিত হইয়া ধাতব অক্সাইড, নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

সোডিয়াম ও পটাশিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাইট ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2 ; \qquad 2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

এ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাস অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

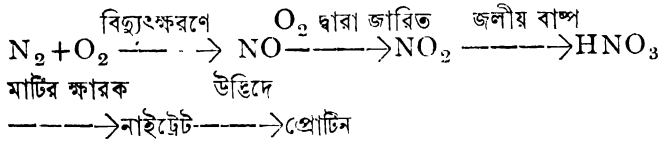
$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

প্রকৃতিতে নাইট্রোজেনের বিবর্তন চক্র ঃ
(Nitrogen cycle in Nature)

উদ্ভিদ ও প্রাণী-দেহ গঠনের একটি অপরিহার্য উপাদান হইল প্রোটিন (protein)। এই প্রোটিন কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন সমন্বয়ে গঠিত একটি যৌগিক পদার্থ। অক্সিজেন ক্রিয়াশীল মৌল বলিয়া ইহাকে উদ্ভিদ ও প্রাণী শ্বাসকার্যের সময় প্রত্যক্ষ ভাবে (directly) গ্রহণ করিতে পারে। কিন্তু বায়ুমণ্ডলে (atmosphere) নাইট্রোজেনের অফুরন্ত ভাণ্ডার থাকিলেও নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয় মৌল (element) বলিয়া কয়েকটি উদ্ভিদ ব্যতীত কোন প্রাণী বা উদ্ভিদ প্রত্যক্ষভাবে নাইট্রোজেনকে প্রোটিন গঠনের কার্যে লাগাইতে পারে না। কিন্তু প্রাকৃতিক নিয়মে বায়ুমণ্ডলের মুক্ত নাইট্রোজেন পরোক্ষভাবে (indirectly) জীব জগতের দেহে আত্তীকৃত (assimilated) হইতেছে।

১। বায়ুমণ্ডলে বিদ্যুৎক্ষরণের (electric discharge) ফলে বায়ুর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন পরস্পর যুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড গঠিত হয়। উহা অতিরিক্ত

অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হয়। এই নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্পের (moisture) সংযোগে নাইট্রিক এ্যাসিডের বাষ্প উৎপন্ন হয়। নাইট্রিক এ্যাসিডের বাষ্প বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হইয়া মাটিতে নামিয়া আসে এবং মাটিতে অবস্থিত বিভিন্ন ক্ষারকীয় পদার্থের দ্বারা প্রশমিত হইয়া নাইট্রেট লবণে পরিণত হয়; উদ্ভিদ মাটি হইতে মূলদ্বারা নাইট্রেট লবণের জলীয় দ্রবণ টানিয়া লইতেছে এবং ইহা প্রোটিনে রূপান্তরিত হইয়া তাহাদের দেহে আত্তীকৃত (assimilated) হইতেছে।

$$N_2+O_2 \xrightarrow{\text{বিদ্যুৎক্ষরণে}} NO \xrightarrow{O_2 \text{ দ্বারা জারিত}} NO_2 \xrightarrow{\text{জলীয় বাষ্প}} HNO_3$$

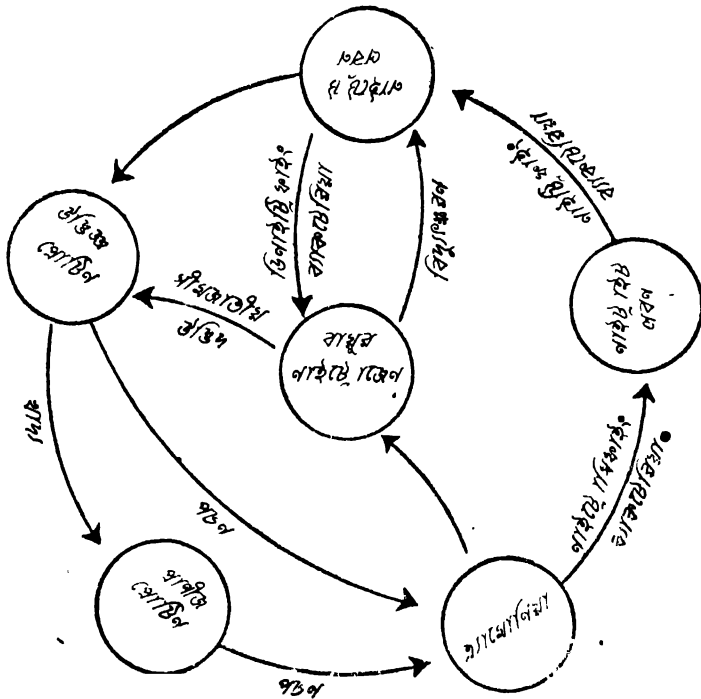
$$\xrightarrow{\text{মাটির ক্ষারক}} \text{নাইট্রেট} \xrightarrow{\text{উদ্ভিদে}} \text{প্রোটিন}$$

এইভাবে প্রতিনিয়ত বায়ুতে আড়াই লক্ষ টনের অধিক নাইট্রিক এ্যাসিড বিদ্যুৎ-ক্ষরণের দ্বারা উৎপন্ন হইতেছে।

২। **সীমজাতীয় উদ্ভিদ** (**leguminous plants**) যেমন, সীম, বড়বটি, ধনচে এবং শুঁটিযুক্ত উদ্ভিদের শিকড়ে একরকম অঙ্কুর (nodules) থাকে। এই সকল অঙ্কুরে সিমবায়োটিক (symbiotic) নামক এক প্রকার জীবাণু (bacteria) বাস করে। ইহারা সরাসরি (directly) বায়ুর নাইট্রোজেনকে নিজেদের দেহে আত্তীকৃত (assimilate) করিতে পারে। কতকগুলি শৈবাল (algae), ছত্রাক (fungi) ও মস (mosses) জাতীয় উদ্ভিদ বায়ুর নাইট্রোজেন দেহসাৎ করিতে পারে। অনেক সময় জমিতে সীম, বড়বটি, ধনচে প্রভৃতি অঙ্কুরযুক্ত উদ্ভিদ লাগাইয়া ফুল ধরিবার সঙ্গে সঙ্গে চাষ দিয়া উদ্ভিদগুলি জমিতে মিশাইয়া দিলে ইহাদের সাহায্যে নাইট্রোজেন কিছুটা ব্যবহারোপযোগী হইয়া মাটিতে ফিরিয়া আসে।

৩। তৃনভোজী প্রাণী উদ্ভিদ জাতীয় খাদ্য হইতে তাহাদের প্রোটিন সংগ্রহ করে। আবার মাংসাশী প্রাণী অন্যপ্রাণীর মাংস, ডিম ও দুগ্ধ ভক্ষণ করিয়া তাহাদের প্রয়োজনীয় প্রোটিন গ্রহণ করিয়া থাকে।

এইরূপে বায়ুমণ্ডল হইতে প্রতিনিয়ত নাট্রোজেন অপসারিত হইলেও বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত নাইট্রোজেনের অনুপাতের কোন পরিবর্তন হয় না। তাহার কারণ, প্রকৃতিতে সর্বদা কতকগুলি বিপরীতমুখী ক্রিয়া সংঘটিত হওয়ার ফলে নাইট্রোজেন আবার মুক্ত অবস্থায় বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যাইতেছে।

প্রাণীদেহ হইতে নির্গত মল মূত্র বিয়োজিত (decompose) হইয়া এ্যামোনিয়া ও মুক্ত নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। মৃত্যুর পরে উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহ পচিয়া যায় এবং

পচনের ফলে প্রোটিন বিশ্লিষ্ট হইয়া এ্যামোনিয়া ও মুক্ত নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। মৃত্যুর পর প্রাণীদেহ পোড়াইলেও উহার দেহের নাইট্রোজেন মুক্ত হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়। এইরূপে উৎপন্ন এ্যামোনিয়া মাটিতে মিশিয়া যায়। কিন্তু উদ্ভিদ খাদ্য হিসাবে এ্যামোনিয়া গ্রহণ করিতে পারে না। সেইজন্য তাহাদের সাহায্যের জন্য মাটিতে কতকগুলি জীবাণু থাকে। এই জীবাণুদের কতকগুলিকে **নাইট্রোসিফাইং ব্যাকটেরিয়া** (**Nitrosifying Bacteria**) বলা হয়, তাহারা এ্যামোনিয়াকে নাইট্রাইট লবণে পরিণত করে; **নাইট্রিফাইং ব্যাকটেরিয়া** (**Nitrifying Bacteria**) নামক আর একপ্রকার জীবাণু নাইট্রাইট লবণকে নাইট্রেট লবণে পরিণত করে। নাইট্রেটের অধিকাংশই মাটিতে উদ্ভিদের খাদ্যরূপে থাকিয়া সামান্য কিছু অংশ **ডিনাইট্রিফাইং ব্যাকটেরিয়া (Denitrifying Bacteria)** নামক আর একপ্রকার জীবাণু দ্বারা পুনরায় মুক্ত নাইট্রোজেনে পরিণত হইয়া বায়ুতে যায়।

প্রকৃতিতে নাইট্রোজেনের বিবর্তন চক্র

এইরূপে বায়ুমণ্ডল হইতে মুক্ত নাইট্রোজেন অপসারিত হইয়া মাটিতে, মাটি হইতে উদ্ভিদে, উদ্ভিদ হইতে প্রাণীতে, উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ হইতে পুনরায় মাটিতে এবং

মাটি হইতে বায়ুতে ফিরিয়া আসে। ইহাকেই **নাইট্রোজেনের বিবর্তন চক্র** (**Nitrogen Cycle**) বলা হয়।

প্রকৃতিতে এই সকল পরিবর্তনের ভিতর এমন একটা সামঞ্জস্য বর্তমান থাকে যে বায়ুতে নাইট্রোজেনের অনুপাতের কোন তারতম্য হয় না।

নাইট্রোজেন-বন্ধন (**Fixation of Nitrogen**) :—বর্তমান যুগে পৃথিবীতে নাইট্রোজেন যৌগের চাহিদা অনেক বাড়িয়া গিয়াছে। তাহার কারণ,

১। পৃথিবীতে লোকসংখ্যা বৃদ্ধির জন্য খাদ্যশস্যের প্রয়োজন বেশী পড়িয়াছে ফলে কৃষিকার্যের প্রসার বৃদ্ধি পাইয়াছে। প্রকৃতিতে নাইট্রোজেনের বিবর্তন চক্র আর জমিতে নাইট্রোজেনের চাহিদা পূরণ করিতে পারিতেছে না। উপরন্তু বর্তমান সভ্য জগতে সহরের আবর্জনা নিকাশের ব্যবস্থার ফলে বেশ কিছু অংশ নাইট্রোজেন সমুদ্রে চলিয়া যাইতেছে এবং কিছু পরিমাণ নাইট্রোজেন মাটি হইতে মুক্ত হইয়া বায়ুতে চলিয়া যাইতেছে ; ফলে জমির উর্বরাশক্তি ক্রমশই হ্রাস পাইতেছে। সেইজন্য জমির উৎপাদন শক্তির বৃদ্ধির জন্য জমিতে কৃত্রিম নাইট্রেট সার দেওয়া প্রয়োজন।

২। বর্তমানে জীবনযাত্রার বহু উপকরণ প্রস্তুতে নাইট্রিক এ্যাসিড প্রয়োজন।

৩। বর্তমান যুদ্ধের প্রধান উপকরণ বিস্ফোরক (explosives) পদার্থের অধিকাংশই নাইট্রিক এ্যাসিড দ্বারা প্রস্তুত হয়।

এই সকল চাহিদা মিটাইবার জন্য খনিজ নাইট্রেট হইতে প্রচুর পরিমাণে নাইট্রিক এ্যাসিড প্রস্তুত হইতে লাগিল। কিন্তু বৈজ্ঞানিকগণ লক্ষ্য করিলেন যে, এইভাবে চলিতে থাকিলে অদূর ভবিষ্যতে পৃথিবীর সমস্ত খনিজ নাইট্রেট নিঃশেষিত হইয়া যাইবে। ফলে নাইট্রোজেন অভাবে পৃথিবীতে এক মহা সঙ্কট দেখা দিবে। সুতরাং বায়ুর নাইট্রোজেন হইতে নাইট্রোজেন যৌগের প্রস্তুতির চেষ্টা চলিতে লাগিল। বায়ুর নাইট্রোজেনকে নাইট্রোজেন যৌগে পরিণত করার পদ্ধতিকে **নাইট্রোজেন-বন্ধন** (**Fixation of Nitrogen**) বলা হয়। বৈজ্ঞানিকগণ নাইট্রোজেন বন্ধনের চারিটি উপায় উদ্ভাবন করিয়াছেন—

১। **হেবার পদ্ধতি** (Haber's Process) :— এই পদ্ধতিতে বায়ুর নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনকে তাপ ও চাপের সাহায্যে প্রথমে এ্যামোনিয়া ও পরে নাইট্রিক এ্যাসিডে পরিণত করা হয়।

২। বার্কল্যাণ্ড ও আইড পদ্ধতি (Birkeland and Eyde Process) : এই পদ্ধতিতে বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনকে বিদ্যুৎ শিখার সাহায্যে নাইট্রিক

অক্সাইড ও পরে নাইট্রিক এ্যাসিডে পরিণত করা হয়। এই পদ্ধতিটি ব্যয়বহুল বলিয়া বর্তমানে ইহা পরিত্যক্ত হইয়াছে।

৩। সায়নামাইড পদ্ধতি (Cyanamide Process):—এই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম কারবাইডের উপর বায়ুর নাইট্রোজেন প্রবাহিত করিলে ক্যালসিয়াম সায়নামাইড ও কার্বনের একটি মিশ্রণ প্রস্তুত হয়। ইহাকে নাইট্রোলিম (Nitrolim) বলে। ইহা জমিতে সাররূপে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রোলিমকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত (hydrolysis) করিলে এ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

৪। সারপেক পদ্ধতি (Serpek Process):—এই পদ্ধতিতে খনিজ এ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে কোক ও নাইট্রোজেনের সহিত উত্তপ্ত করিলে এ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। উহাকে স্টীমের সাহায্যে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে এ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. How would you prepare and collect dry Ammonia? How can it be shown that Ammonia contains hydrogen?

[কিরূপে শুষ্ক এ্যামোনিয়া প্রস্তুত করিয়া সংগ্রহ করিবে? এ্যামোনিয়ায় যে হাইড্রোজেন আছে তাহা কিরূপে দেখান যাইবে?]

2. What are the usual sources of Ammonia? What is the general method of preparation of Ammonia? Describe one experiment each to demonstrate its solubility in water, inflammability, lightness and basic character?

[এ্যামোনিয়া কি কি বস্তু হইতে পাওয়া যায়? এ্যামোনিয়া প্রস্তুতের সাধারণ পদ্ধতি কি? এ্যামোনিয়ার জলে দ্রবণীয়তা, দাহ্যতা, ঘনত্ব ও ক্ষারকীয় ধর্মের এক একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।]

3. What would be the effect of passing Ammopia gas into a dilute solution of nitric acid and then evaporating the solution to dryness and heating the solid residue?

[লঘু নাইট্রিক এ্যাসিডের ভিতর এ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিয়া দ্রবণটি বাষ্পীভূত করিলে এবং প্রাপ্ত কঠিন পদার্থটিকে উত্তপ্ত করিলে কি বিক্রিয়া হইবে?]

4. How will you prepare Nitrogen from Ammonia and *vice versa* ? Why can we not dry Ammonia with concentrated Sulphuric acid or with Phosphorus pentoxide ?

[এ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন এবং নাইট্রোজেন হইতে এ্যামোনিয়া কি ভাবে প্রস্তুত করিবে ? এ্যামোনিয়ার শুষ্কীকরণে সালফিউরিক এ্যাসিড বা ফসফরাস পেণ্টক্সাইড ব্যবহার করা হয় না কেন ?]

5. How would you prepare Ammonia synthetically ? What are the reactions of Ammonia on (a) water, (b) hydrochloric acid, (c) sulphuric acid and (d) moist carbon dioxide ?

[সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে কিভাবে এ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা যায় ? (a) জল, (b) হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড, (c) সালফিউরিক এ্যাসিড, এবং (d) আর্দ্র কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত এ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া বর্ণনা কর।]

6. How are the Ammonium salts obtained ? What are their uses ? Describe the action of heat on (a) ammonium chloride, (b) ammonium nitrite, (c) ammonium nitrate, (d) lead nitrate and (e) sodium nitrate.

[এ্যামোনিয়াম লবণগুলি কিভাবে পাওয়া যায় ? ইহাদের ব্যবহার বর্ণনা কর। (a) এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, (b) এ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট, (c) এ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, (d) লেড নাইট্রেট, ও (e) সোডিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে কি ক্রিয়া হইবে বর্ণনা কর।]

7. You are given sulphuric acid and sodium nitrate, how would you prepare Nitric acid ? Describe the process with a neat diagram and give reactions also. The reaction in this process is generally kept incomplete—why ?

[তোমাকে সালফিউরিক এ্যাসিড ও সোডিয়াম নাইট্রেট দেওয়া হইল, তুমি কিভাবে নাইট্রিক এ্যাসিড প্রস্তুত করিবে ? পদ্ধতিটি সচিত্র বর্ণনা কর এবং রাসায়নিক বিক্রিয়াটি লিখ। এই পদ্ধতিতে রাসায়নিক বিক্রিয়াটি সাধারণতঃ অসম্পূর্ণ রাখা হয়—ইহার কারণ কি ?]

8. Describe a method of manufacturing Nitric acid by

the oxidation of Ammonia. How would you test for the presence of a nitrate ?

[এ্যামোনিয়ার জারণ দ্বারা নাইট্রিক এ্যাসিডের শিল্পপ্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। নাইট্রেটের নিরীক্ষণ কিভাবে করিবে ?]

9. Compare the action of Nitric acid of different strengths on the metals—zinc, copper and iron. Give equations.

[বিভিন্ন শক্তিসম্পন্ন নাইট্রিক এ্যাসিডের জিংক, কপার ও আয়রণের উপর রাসায়নিক বিক্রিয়ার তুলনামূলক বিচার কর। সমীকরণ লিখ।]

10. Describe three tests which are characteristic of nitrates.

[নাইট্রেটের বৈশিষ্ট্যগত ধর্মের তিনটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।]

11. Write short notes on (a) aqua-regia, (b) nitrates, (c) passive state and (d) smelling salt.

[(a) এ্যাকোয়া-রিজিয়া, (b) নাইট্রেট, (c) নিষ্ক্রিয় অবস্থা, এবং (d) স্মেলিং সল্ট সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বর্ণনা কর।]

12. Explain why the amount Nitrogen in the air remains nearly, but not exactly, constant.

[বায়ুমণ্ডলে নাইট্রোজেনের পরিমাণ প্রায় স্থির থাকে, ইহার তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।]

13. Write what you know about the Nitrogen cycle in nature.

[প্রকৃতিতে নাইট্রোজেনের বিবর্তন চক্র সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।]

14. Explain with equations what happens when

[কি ঘটিবে রাসায়নিক সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর] —

(i) a copper coin is dropped into strong nitric acid in a test tube ;

[একটি তাম্রমুদ্রা পরীক্ষা-নলে রক্ষিত ঘন নাইট্রিক এ্যাসিডের মধ্যে নিক্ষেপ করা হইল]

(ii) Hydrogen sulphide is passed into strong nitric acid ;

[ঘন নাইট্রিক এ্যাসিডের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করা হইল]

(iii) a gas obtained by heating ammonium nitrite is led into a tube containing red hot magnesium ;

[এ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটকে উত্তপ্ত করিলে উৎপন্ন গ্যাস একটি নলে রক্ষিত লোহিত তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হইল]

(iv) a gas obtained by heating manganese dioxide **with strong hydrochloric** acid, is led into a flask containing ammonium hydroxide ;

[ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন গ্যাস একটি ফ্লাস্কে রক্ষিত এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের মধ্যে প্রবাহিত করা হইল]

(v) concentrated sulphuric acid is poured carefully into ferrous sulphate dissolved in cold dilute nitric acid ;

[শীতল লঘু নাইট্রিক এ্যাসিডে দ্রবীভূত ফেরাস সালফেট দ্রবণে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড সাবধানে ঢালা হইল]

(vi) ammonia gas is passed through a tube containing red hot copper Oxide ;

[একটি নলে রক্ষিত উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের মধ্য দিয়া এ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করা হইল]

(vii) ammonia gas is passed over heated sodium and the product formed is then treated with water.

[উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর দিয়া এ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিয়া উৎপন্ন দ্রব্যে জল মিশান হইল।]

১৩

ফসফরাস

(Phosphorus)

আণবিক সংকেত—P_4 আণবিক গুরুত্ব—30·98 যোজ্যতা—3 ও 5

ইতিহাস (History) :—হামবুর্গের চিকিৎসক ব্র্যাণ্ড ১৬৭৪ খৃষ্টাব্দে পরশ পাথর (Philosopher's stone) সন্ধান করিতে যাইয়া ফসফরাস আবিষ্কার করেন। তিনি মূত্রের জলীয় অংশ বাষ্পীভূত করিয়া অবশিষ্ট পদার্থ হইতে ফসফরাস প্রস্তুত করিতে সক্ষম হন। ১৬৮০ খৃষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী বয়েল স্বতন্ত্রভাবে ফসফরাস তৈয়ারী করেন। ১৭৭১ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী গ্যান (Gahn) প্রমাণ করেন যে অস্থিতেও (bone) ফসফরাস বিদ্যমান। ১৭৭২ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী শীলি অস্থি হইতে ফসফরাস প্রস্তুত করেন। ১৭৭৭ খৃষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার ফসফরাসের মৌলিকত্ব প্রমাণ করেন। অন্ধকারে ফসফরাস হইতে এক প্রকার আলোকপ্রভা বিকীর্ণ হয়। উহাকে অনুপ্রভা বা ফসফরেসেন্স (Phosphorescence) বলে। এইজন্য ইহার নামকরণ হয় ফসফরাস (Greek—phos = light, Phero = I carry)। সাদা ফসফরাস যে স্বতঃস্ফূর্তভাবে আগুন জ্বলিয়া উঠে একথা জানা না থাকায় সে সময় চতুর্দশ লুইয়ের রাজচিকিৎসক নিজের বিছানায় ফসফরাস রাখিয়া পুড়িয়া মরিবার উপক্রম করিয়াছিলেন।

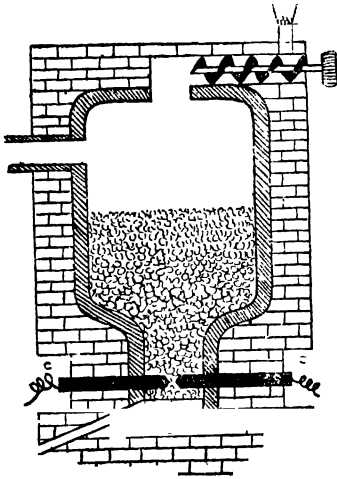
অবস্থান (Occurrence) :—প্রকৃতিতে মৌল অবস্থায় ফসফরাস পাওয়া যায় না। জীবজন্তুর হাড়, মাংসপেশী, স্নায়ু ও মস্তিষ্ক, ডিমের কুসুম ও দুধে যৌগিক পদার্থরূপে ফসফরাস পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া খনিজ ফসফেট লবণরূপে আফ্রিকার টিউনিসিয়া, আলজেরিয়া ও মরক্কো অঞ্চলে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। এই খনিজ ফসফেট মূলতঃ ক্যালসিয়াম ফসফেট। ফসফরাইট [$Ca_3(PO_4)_2$], ক্লোর এ্যাপেটাইট [$3Ca_3(PO_4)_2, CaCl_2$], ফ্লোর এ্যাপেটাইট [$3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$] প্রভৃতি খনিজরূপে ইহা পাওয়া যায়।

খনিজ ফসফেট হইতে ফসফরাস প্রস্তুতি :

(Preparation of Phosphorus from mineral phosphate)

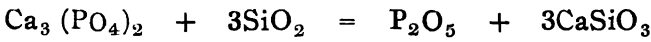
ফসফরাস একটি পণ্য দ্রব্য এবং একমাত্র পণ্য পদ্ধতিতেই (Industrial process)

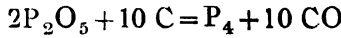
ফসফরাস উৎপাদন করা হইয়া থাকে। ইহা উৎপাদনের মূল উপাদান হইল ক্যালসিয়াম ফসফেট [$Ca_3(PO_4)_2$]। ক্যালসিয়াম ফসফেট জীবজন্তুর অস্থিভস্ম (bone-ash) বা খনিজ ফসফেট হইতে পাওয়া যায়।

আধুনিক বৈদ্যুতিক পদ্ধতি (Modern Electrical process) :—এই পদ্ধতিতে খনিজ ক্যালসিয়াম ফসকেট বা ফসফরাইট (phosphorite) বালু এবং কার্বন একত্রে একটি আবদ্ধ প্রকোষ্ঠে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে অত্যধিক উষ্ণতার প্রয়োজন হয় এবং তাপ প্রয়োগে বিদ্যুৎশক্তি ব্যবহার করা হয় এইজন্য এই পদ্ধতিকে **বৈদ্যুতিক প্রণালী** বলা হয়। অনেক সময় এই পদ্ধতির প্রবর্তনকারীদের নামানুসারে **রীডম্যান-পার্কার রবিনসন প্রণালীও (Readman-Parker-Robinson Process)** বলা হয়। এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ-ইষ্টক (fire-bricks) নির্মিত খাড়া ও ডিম্বাকৃতি বিশিষ্ট একটি আবদ্ধ প্রকোষ্ঠ (furnce) প্রস্তুত করা হয়। উহার তলদেশ হইতে একটু উপরে দুইটি গ্যাস কার্বনের (gas carbon) বা গ্রাফাইটের (graphite) দুইটি বিদ্যুৎ সঞ্চালণের দণ্ড (electrodes) থাকে এবং ইহার একটু নীচে ধাতু-মল (slag) নির্গমনের একটি নালা থাকে। এই প্রকোষ্ঠের (furnace) উপরিভাগে স্ক্রু-যুক্ত (screw conveyer) একটি চোঙ (hopper) এবং চোঙের নীচে গ্যাসীয় পদার্থের বহির্গমনের জন্য একটি বাঁকান নল থাকে যাহার অপর মুখ একটি চৌবাচ্চার জলে নিমগ্ন রাখা হয়। বাহিরের বায়ুর সহিত প্রকোষ্ঠের ভিতরের অংশের সংযোগ থাকে না।

ফসফরাস প্রস্তুতি

প্রথমে, প্রয়োজনীয় খনিজ ফসফেটচূর্ণ বা অস্থিভস্ম চূর্ণ, কোক-কয়লাচূর্ণ এবং বালি একত্রে ভালভাবে মিশাইয়া স্ক্রু আল্‌গা করিয়া মিশ্রণটিকে চোঙের ভিতর বৈদ্যুতিক প্রকোষ্ঠে (electric furnace) ঢালা হয়। বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা দ্বারা দুইটি তড়িৎদ্বারের (electrodes) মধ্যে একটি বৈদ্যুতিক আর্ক (electric arc) সৃষ্টি করিয়া প্রকোষ্ঠের উষ্ণতা 1200°—1500°C পর্যন্ত রাখা হয়। উত্তাপের প্রভাবে

ক্যালসিয়াম ফসফেটের সহিত বালুর বিক্রিয়া ঘটে এবং প্রথম পর্য্যায়ে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড ও ক্যালসিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = P_2O_5 + 3CaSiO_3$$

দ্বিতীয় পর্যায়ে উৎপন্ন ফসফরাস পেণ্টক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড ও ফসফরাস উৎপন্ন করে।

$$2P_2O_5 + 10\,C = P_4 + 10\,CO$$

প্রকোষ্ঠের উচ্চ তাপের ফলে ফসফরাস উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই বাষ্পাকার লাভ করে এবং প্রকোষ্ঠের উপরের নির্গম নালা দিয়া ফসফরাস বাষ্প ও কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া জলের চৌবাচ্চায় প্রবেশ করে। ফসফরাস জলের নীচে ঘনীভূত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া যায়।

উৎপন্ন ক্যালসিয়াম সিলিকেট গলিত অবস্থায় অন্যান্য কলুষ পদার্থের (impurities) সহিত প্রকোষ্ঠের নীচের নির্গম নালা দিয়া ধাতুমল (slag) রূপে বাহির হইয়া যায়। এই পদ্ধতিতে বিদ্যুৎপ্রবাহ কেবলমাত্র প্রকোষ্ঠে উচ্চ তাপ সৃষ্টি করে, ক্যালসিয়াম ফসফেটকে বিশ্লেষিত করে না।

ফসফরাসের বিশুদ্ধীকরণ (Purification of Phosphorus) :— উপরিবর্ণিত পদ্ধতিতে প্রাপ্ত ফসফরাস সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়। ইহাতে কার্বন ও অন্যান্য কলুষ পদার্থ (impurities) থাকে। ইহাকে গরম জলের নীচে গলাইয়া ক্রোমিক এ্যাসিড (cromic acid) দ্বারা উত্তপ্ত করিলে ক্রোমিক এ্যাসিড কলুষ পদার্থগুলিকে জারিত করিয়া দেয়। পরে এই গলিত ফসফরাসকে জলের নীচে ক্যানভাস্ (canvas) বা শ্যাময় চামড়ার (chamois leather) সাহায্যে চাপ দিয়া ফিল্টার করিয়া ছোট ছোট যষ্টির (sticks) আকারে ঢালাই করা হয়। প্রাপ্ত বিশুদ্ধ ফসফরাস জলের নীচে রাখিতে হয়।

ফসফরাসের বহুরূপতা (Allotropic forms of Phosphorus) :— ফসফরাস মৌল অবস্থায় দুইটি রূপে অবস্থান করে—একটি হইল **সাদা (white)** বা **পীত (yellow)** ফসফরাস এবং অপরটি হইল **লাল (red)** ফসফরাস। এই সাদা ও লাল ফসফরাসের মধ্যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের অনেক পার্থক্য আছে। **যে ধর্মের জন্য কোন মৌল (element) একাধিক রূপে অবস্থান করিতে পারে তাহাকে বহুরূপতা (Allotropy) বলা হয়; এবং একই মৌলের বিভিন্ন রূপকে বলা হয় রূপভেদ (Allotrope)।**

সুতরাং সাদা ও লাল ফসফরাস, ফসফরাস মৌলের তুইটি রূপভেদ। সাদা ফসফরাস অস্থায়ী কিন্তু লাল ফসফরাস স্থায়ী। লাল ফসফবাস ব্যতীত ফসফরাসের আরও তিনটি স্থায়ী রূপভেদ পাওয়া যায়। যথা—**ভায়োলেট (violet) ফসফরাস, স্কারলেট (scarlet) ফসফরাস ও কাল (black) ফসফরাস**। সুতরাং ফসফরাসকে বহুরূপী মৌল বলা হয়।

লাল ফসফরাসের প্রস্তুতি (Preparation of Red Phosphorus) :— লাল ফসফরাস সর্বদাই সাদা ফসফরাস হইতে প্রস্তুত হয়। একটি আবদ্ধ লোহার পাত্রে নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে রাখিয়া সাদা ফসফরাসকে 240°—250°C উষ্ণতায় কয়েক ঘণ্টা উত্তপ্ত করিলে লাল ফসফরাস উৎপন্ন হয়। মৌলের রূপান্তরটি সহজসাধ্য করিবার জন্য অনুঘটক (catalyst) হিসাবে একটু আয়োডিন মিশানো হয়। বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক (exothermic)। বিক্রিয়াটি দ্রুত সম্পন্ন হইলে অত্যধিক তাপ উৎপন্ন হইয়া বিস্ফোরণ (explosion) ঘটিবার সম্ভাবনা থাকে সেইজন্য উষ্ণতা 250°C-র বেশী কখনও করা হয় না। উৎপন্ন কঠিন লাল ফসফরাসের সহিত কিছু সাদা ফসফরাস মিশ্রিত থাকে। সেইজন্য লোহার পাত্রের ঢাকনি খুলিয়া কঠিন পদার্থটিকে প্রথমে গুড়া করিয়া গাঢ় কষ্টিক সোডা (NaOH) দ্রবণে ফুটাইতে হয়। অবশিষ্ট সাদা ফসফরাস দ্রবীভূত হয় কিন্তু লাল ফসফরাসের কিছু হয় না। অবশেষে উহাকে জলদ্বারা ধুইয়া স্টীমে শুদ্ধ করিতে হয়। লাল ফসফরাস বায়ুতে সহজে জারিত হয় না বলিয়া ইহাকে জলের নীচে রাখিতে হয় না। ফসফরাসকে 550°C অধিক উষ্ণতায় বাষ্পীভূত করিয়া পাতিত করিলে সাদা ফসফরাসে রূপান্তরিত হয়।

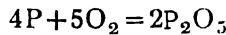
ফসফরাসের ধর্ম :

(Properties of Phosphorus)

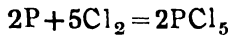
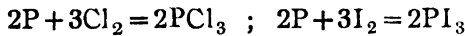
ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :—সাধারণ ফসফরাস সাদা বা পীত বর্ণের, মোমের মত নরম কঠিন পদার্থ। ইহাকে ছুরি দিয়া কাটা যায়। ইহার গলনাংক 44·1°C এবং স্ফুটনাংক 287°C। তরল এবং বাষ্পীভূত অবস্থায় ইহা বর্ণহীন। বাষ্প ঘনত্ব অনুযায়ী ইহার সংকেত হইতেছে P_4। ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, বেনজিন, তার্পিন এবং অলিভ তৈলে ইহা দ্রবীভূত হয়। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত।

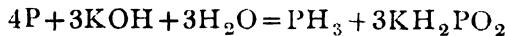
রাসায়নিক ধর্ম (**Chemical Properties**) :—ফসফরাস আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে আসিলে জারিত (oxidised) হয় এবং শ্বেত ধূম উৎপন্ন করে। উষ্ণতা 30°C-য়ের অধিক হইলে জারণের সময় ফসফরাস জ্বলিয়া উঠে এবং একটি ঈষৎ সবুজ শিখার সৃষ্টি করে। এই শিখা অত্যন্ত ঠাণ্ডা ; ইহা স্পর্শ করিলে কোন তাপ অনুভূত হয় না। ফসফরাসের জারণের সময় যে ঈষৎ সবুজ আলোর সৃষ্টি হয় উহাকে অনুপ্রভা (Phosphorescence) বলে। সেইজন্য ফসফরাসকে সর্বদাই জলের তলায় রাখা হয়।

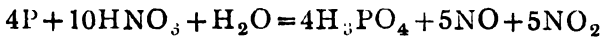
ফসফরাস খুব সক্রিয় পদার্থ। ইহাকে বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের ধূম নির্গত হয়।

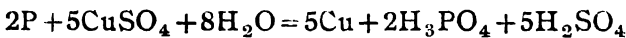
$$4P+5O_2=2P_2O_5$$

ইহা বিভিন্ন হ্যালোজেনের (Cl, Br প্রভৃতি) সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠিয়া হ্যালাইড গঠন করে।

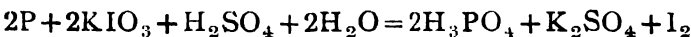
$$2P+3Cl_2=2PCl_3 \quad ; \quad 2P+3I_2=2PI_3$$

$$2P+5Cl_2=2PCl_5$$

কষ্টিক পটাশ বা কষ্টিক সোডা দ্রবণে ফসফরাস ফুটাইলে ফসফিন গ্যাস ও হাইপোফসফাইট লবণ উৎপন্ন হয়।

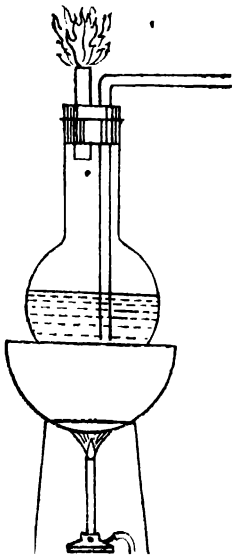
$$4P+3KOH+3H_2O=PH_3+3KH_2PO_2$$

তপ্ত গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড দ্বারা ফসফরাস জারিত হইয়া ফসফরিক এ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2$$

শীতল কপার সালফেট দ্রবণের সহিত ফসফরাসের বিক্রিয়ার ফলে কপার উৎপন্ন হয়।

$$2P+5CuSO_4+8H_2O=5Cu+2H_3PO_4+5H_2SO_4$$

অম্লীকৃত পটাশিয়াম অয়োডেট দ্রবণ হইতে ফসফরাস আয়োডিন মুক্ত করে।

$$2P+2KIO_3+H_2SO_4+2H_2O=2H_3PO_4+K_2SO_4+I_2$$

পরীক্ষা (experiments) :—১। একটি বীকারে জল লইয়া 60°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া ইহার মধ্যে কয়েক টুকরা সাদা ফসফরাস ফেলিয়া দেওয়া হইল। এখন অক্সিজেন চোঙ (oxygen cylinder) হইতে নলের সাহায্যে অক্সিজেন গ্যাস ফসফরাসের উপর প্রবাহিত করিলে ফসফরাস **জলের নীচেই** জ্বলিতে থাকিবে।

২। একটি পরীক্ষা-নলে সামান্য কার্বন ডাই-সালফাইড লইয়া তাহাতে এক টুকরা সাদা ফসফরাস ফেলিয়া দিলে উহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হইবে। এখন তুলা জড়ানো কাঠদণ্ডের সাহায্যে ফসফরাসের এই দ্রবণ লইয়া কাগজের উপর কিছু লিখিলে, অল্প পরেই কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্পীভূত হইবে এবং অবশিষ্ট ফসফরাসে আগুন ধরিয়া **লেখাটি জ্বলিতে থাকিবে।**

৩। একটি কাচের ফ্লাস্কে (flask) কিছু জল লইয়া তাহাতে কয়েক টুকরা সাদা ফসফরাস ফেলিয়া দিয়া ফ্লাস্কের মুখটি দুইটী ছিদ্রযুক্ত একটি কর্ক দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হইল। ছিদ্র দুইটির ভিতর দিয়া একটি বড় এবং একটি ছোট কাচের নল লাগানো হইল। কাচের বড় নলটি দিয়া কোল-গ্যাস বা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বুদবুদাকারে প্রবাহিত করিয়া ফ্লাস্কের বায়ু বাহির করিয়া দেওয়া হইল। এখন ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করিলেই জল বাষ্পীভূত হইবে। জলীয় বাষ্পের সহিত ফসফরাস বাষ্পরূপে নির্গত হইয়া বায়ুর সংস্পর্শে আসে এবং ছোট কাচনলটির মুখে সবুজ শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। এই শিখাটি এত ঠাণ্ডা যে ইহাতে হাত পুড়িয়া যায় না, এমনকি পাতলা কাগজ বা দিয়াশলাই কাঠিও জ্বলিতে পারে না। এই শিখাকে **শীতল শিখা (cold flame)** বলে।

শীতল শিখা

ফসফরাসের ব্যবহার (Uses of phosphorus) :—সাদা ফসফরাস—লোহিত ফসফরাস, ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) প্রভৃতি প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত হয়। ফস্‌ফর ব্রোঞ্জ (phosphor bronze) নামক ফসফরাস কপার ও টিনের একটি ধাতু-সংকর (alloy) প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত হয়। ইঁদুর মারার চটপটিতে ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। যুদ্ধের সময় অগ্নি প্রজ্বলন বোমা, ধূম্রজাল (smoke screen) প্রস্তুতির জন্য সাদা ফসফরাস প্রচুর ব্যবহৃত হয়। লাল ফসফরাস দিয়াশলাই-শিল্পে, হাইড্রো-আয়োডিক (HI) ও হাইড্রোব্রোমিক (HBr) এ্যাসিড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

সাদা ও লাল ফসফরাসের তুলনা

সাদা বা ফসফরাস	লাল ফসফরাস
১। ইহা স্ফটিকাকার (crystalline), ইহার রং ঈষৎ হলুদ আভাযুক্ত।	১। ইহা অনিয়তাকার (amorphous) এবং ইহার রং লাল।
২। ইহা মোমের মত নরম পদার্থ এবং ছুরি দিয়া সহজে কাটা যায়।	২। ইহা কঠিন এবং ছুরি দিয়া কাটা যায় না।
৩। ইহাতে রসুনের মত গন্ধ আছে।	৩। ইহা গন্ধহীন।
৪। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·83 এবং গলনাংক 44·1°C।	৪। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·16 এবং গলনাংক 500°—600°C।
৫। ইহা অপেক্ষাকৃত অস্থায়ী।	৫। ইহা স্থায়ী।
৬। ইহা জলে অতি সামান্য দ্রবণীয় কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, বেন্‌জিন ও কোহলে দ্রবণীয়।	৬। ইহা জলে বা অন্যান্য তরলে অদ্রবণীয়।
৭। ইহা বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠিয়া অক্সাইড গঠন করে। অন্ধকারে ইহা হইতে ঈষৎ সবুজ আলো বিকীর্ণ হয়। ইহাকে অনুপ্রভা (phosphorescence) বলে। † $4P+5O_2=2P_2O_5$	৭। ইহা বায়ুর সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে না এবং ইহার অনুপ্রভা নাই।
৮। ইহা অত্যন্ত সক্রিয়।	৮। ইহা প্রায় নিষ্ক্রিয়।
৯। ক্লোরিনের সংস্পর্শে ইহা জ্বলিয়া উঠিয়া ক্লোরাইড গঠন করে। $2P+5Cl_2=2PCl_5$	৯। ক্লোরিনের সহিত উত্তপ্ত করিলে ক্লোরাইড গঠিত হয়।
১০। কষ্টিক সোডা বা পটাশ দ্রবণে ফুটাইলে ফসফিন (PH_3) উৎপন্ন হয়।	১০। কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাশ দ্রবণে কোনরূপ বিক্রিয়া হয় না।
১১। ইহা **অত্যন্ত বিষাক্ত**। সামান্য পরিমাণ মানবদেহে প্রবেশ করিলে মৃত্যু ঘটে।	১১। ইহা **বিষাক্ত নয়**।

† কম উষ্ণতায় ফসফরাসের সংকেত P_4 কিন্তু অধিক উষ্ণতায় ইহা বিয়োজিত হইয়া পরমাণুতে পরিণত হয়। $P_4 \rightleftharpoons 2P_2 \rightleftharpoons 4P$

দিয়াশলাই শিল্প (Match Industry):—ফরাসী দেশে **চ্যানসেল (Chancel)** ১৮০৫ খৃষ্টাব্দে প্রথম দিয়াশলাই ব্যবহার করেন। ইহাতে সরু কাঠির মাথায় পটাশিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) ও চিনি লাগানো থাকিত। এই কাঠির মাথাটি ঘন সালফিউরিক এ্যাসিড দ্রবণে ডুবাইলে আগুন ধরিত। ১৮৩২ খৃষ্টাব্দে **সাউরিয়া (Sawria), কামারার (Kammerer)** ও প্রেসেল (Preshel) স্বতন্ত্রভাবে আবিষ্কার করেন যে, কাঠির মাথায় পটাশিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$), এ্যান্টিমনী সালফাইড (Sb_2S_3) আঠার দ্বারা আটকাইয়া বালির কাগজে (sand paper) ঘর্ষণ করিলে জ্বলিয়া উঠে। ইহার কয়েকদিন পরে ঘর্ষণ দিয়াশলাই (**Friction or Lucifer match**) আবিষ্কৃত হয়।

এই ঘর্ষণ দিয়াশলাই (Lucifer match) যে-কোন জায়গায় ঘসিলেই জ্বলিয়া উঠে। ইহাতে সরু কাঠির এক প্রান্ত প্রথমে দাহ্য পদার্থ যথা গলিত মোমে ডুবাইয়া পরে সাদা ফসফরাস, পটাশিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) ও অন্যান্য জারক দ্রব্য যথা পটাশিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$), লেড ডাই-অক্সাইড (PbO_2), কাঠকয়লার গুঁড়া ও শিরিষের (glue) লেইতে (paste) কাঠিটি ডুবাইয়া শুকানো হয়। এই কাঠির মাথাটি কোন খসখসে জায়গায় ঘষিলেই জ্বলিয়া উঠে। কিন্তু এই দিয়াশলাই ব্যবহারে দুইটি অসুবিধা লক্ষ্য করা যায়। প্রথমতঃ সাদা ফসফরাস অত্যন্ত বিষাক্ত ; ফলে কারখানার কর্মচারীদের স্বাস্থ্য খারাপ হইয়া যায়। দ্বিতীয়তঃ অসাবধানতাবশতঃ সামান্য ঘর্ষণেই জ্বলিয়া উঠার ফলে বিপদের সম্ভাবনা থাকে। বর্তমানে পৃথিবীর সর্বত্র এই ঘর্ষণ দিয়াশলাই (lucifer or friction match) ব্যবহার আইনত নিষিদ্ধ হইয়াছে। কয়েক বৎসর পরে জার্মান অধ্যাপক বট্গার (**Professor Böttger**) নিরাপদ দিয়াশলাই প্রস্তুত করেন। নিরাপদ দিয়াশলাইয়ের (safety match) কাঠির মাথায় কোন ফসফরাস থাকে না। ইহার কাঠির মাথায় পটাশিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$), এ্যান্টিমনী সালফাইড (Sb_2S_3), পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) ও আঠার (gum) একটি লেই (paste) লাগান থাকে। কাঠিটি একটি বিশেষ ধরণে প্রস্তুত খস্খসে কাগজে ঘর্ষণ করিতে হয়। এই কাগজ দিয়াশলাই বাক্সের দুইধারে লাগানো থাকে। কাগজের উপর লাল ফসফরাস, এন্টিমনী সালফাইড (Sb_2S_3) ও কাচের গুড়া আঠার (gum) দ্বারা লাগানো থাকে। কাঠির মাথাটি বাক্সের গায়ে ঘসিলে লাল ফসফরাস ও ক্লোরেটের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে যে অগ্নি স্ফুলিংগের সৃষ্টি হয় তাহা দ্বারা কাঠিটি জ্বলিয়া উঠে ; ইহার অসুবিধা হইল যে ইহা বিশেষ ধরণের কাগজ ব্যতীত অন্য জায়গায় ঘসিলে সাধারণতঃ জ্বলে না।

ফসফরাস নাইট্রোজেনের রাসায়নিক অনুরূপ :

(Phosphorous a chemical analogue of Nitrogen)

সমস্ত মৌলিক পদার্থকে তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের (atomic weight) ক্রমানুসারে এমনভাবে সাজানো হইয়াছে যে, সমধর্ম মৌলগুলি একই শ্রেণীর (group) অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে। ইহাকেই **পর্য্যায় সারণী** (**Periodic table**) বলা হয়। পর্য্যায় সারণীতে এক একটি শ্রেণীর (group) অন্তর্গত সমগুণসম্পন্ন মৌলিক পদার্থগুলিকে এক একটি পরিবারের সভ্যরূপে গণ্য করা হয়। একই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত সভ্যগুলির ধর্মের অনেক সাদৃশ্য এবং কিছু কিছু বিসাদৃশ্যও থাকে। এইজন্য ইহাদিগকে **রাসায়নিক অনুরূপ** (**Chemical analogue**) বলা হয়। এইরূপে ফসফরাস নাইট্রোজেনের রাসায়নিক অনুরূপ।

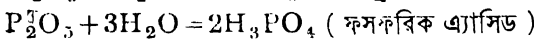
ধর্মের সাদৃশ্য (**Similar properties**) :—নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়ই পর্য্যায় সারণীর (periodic table) পঞ্চম শ্রেণীর (fifth group) অন্তর্ভুক্ত। ইহারা উভয়ই অধাতু। নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়ই সাধারণতঃ দুইটি রূপে পাওয়া যায়। নাইট্রোজেন পাওয়া যায় সাধারণ নাইট্রোজেন ও সক্রিয় নাইট্রোজেন (active nitrogen) রূপে এবং ফসফরাস পাওয়া যায় সাদা ও লাল ফসফরাস রূপে। নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের প্রধান যোজ্যতা (valency) তিন ও পাঁচ। সেইজন্য ইহারা অক্সিজেনের সহিত দুইরকম অক্সাইড গঠন করে।

নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড—N_2O_3 ; ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড—P_2O_3

নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড—N_2O_5 ফসফরাস পেণ্টক্সাইড—P_2O_5

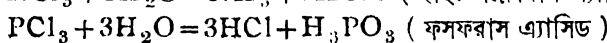
উভয়ের অক্সাইডগুলি আম্লিক (acidic)। সুতরাং অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া এ্যাসিড উৎপন্ন করে।

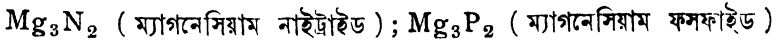
$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$ (নাইট্রিক এ্যাসিড)

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ (ফসফরিক এ্যাসিড)

নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়ই হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রাইড (hydride) গঠন করে। যথা — NH_3 (এ্যামোনিয়া), PH_3 (ফসফিন)।

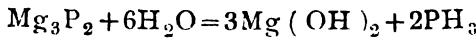
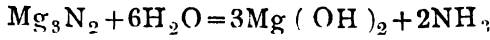
এ্যামোনিয়া ও ফসফিন উভয়ই গ্যাস এবং ইহাদের ধর্মের অনেক বিষয়ে সাদৃশ্য আছে। নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়ই ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া ক্লোরাইড গঠন করে। যথা :—NCl_3 এবং PCl_3। এই ক্লোরাইডগুলি জলের সংস্পর্শে বিশ্লেষিত হইয়া যায়।

$NCl_3 + 3H_2O = NH_3 + 3HClO$ (হাইপোক্লোরাস এ্যাসিড)

$PCl_3 + 3H_2O = 3HCl + H_3PO_3$ (ফসফরাস এ্যাসিড)

নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়ই ধাতুর সহিত অনুরূপ ধাতব যৌগিক, যথা— নাইট্রাইড ও ফসফাইড উৎপন্ন করে।

Mg_3N_2 (ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড); Mg_3P_2 (ম্যাগনেসিয়াম ফসফাইড)

এই ধাতব যৌগগুলি জলের সংস্পর্শে বিশ্লেষিত হইয়া যায়, যেমন—

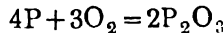
$Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3$

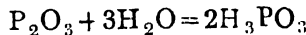
$Mg_3P_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2PH_3$

ধর্মের বিসাদৃশ (dissimilar properties) ঃ—প্রকৃতিতে নাইট্রোজেন মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। ফসফরাস প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না, যৌগ অবস্থায় পাওয়া যায়। সাধারণ উষ্ণতায় নাইটোজেন গ্যাস, ফসফরাস কঠিন।

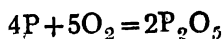
নাইট্রোজেনের পাঁচটি (N_2O, NO, N_2O_3, NO_2, N_2O_5) স্থায়ী (stable) অক্সাইড আছে। কিন্তু ফসফরাসের মাত্র দুইটি (P_2O_3, P_2O_5) অক্সাইড আছে। নাইট্রোজেনের দুইটি মাত্র অক্সি-এ্যাসিড (HNO_2, HNO_3) আছে। ফসফরাসের অনেকগুলি অক্সি-এ্যাসিড (HPO_3, H_3PO_3, H_3PO_4 প্রভৃতি) আছে। নাইট্রোজেন ক্লোরিনের সহিত কেবলমাত্র নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড (NCl_3) গঠন করে। কিন্তু ফসফরাস ক্লোরিনের সহিত ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড (PCl_3) ও ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড (PCl_5) গঠন করে।

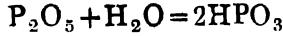
ফসফরাসের অক্সাইড ঃ
(Oxides of Phosphorus)

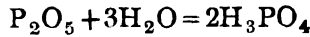
ফসফরাসের দুইটি অক্সাইড P_2O_3 ও P_2O_5 বিশেষ উল্লেখযোগ্য। সাদা ফসফরাসকে স্বল্প বায়ুতে মৃদু উত্তপ্ত করিলে ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড (P_2O_3) ও ফসফরাস্ পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4P+3O_2=2P_2O_3$$

বিশুদ্ধ ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড বর্ণহীন কঠিন কেলাস (crystal)। কিন্তু অবিশুদ্ধ অবস্থায় সাদা মোমের মত নরম পদার্থ। ইহাতে রসুনের গন্ধ পাওয়া যায়। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত। ইহা বায়ুতে বা অক্সিজেনে দ্রুত জারিত হইয়া ফসফরাস পেণ্টক্সাইডে (P_2O_5) পরিণত হয়। শীতল জলের সঙ্গে ইহা ধীরে ধীরে ক্রিয়া করিয়া ফসফরাস এ্যাসিড (H_3PO_3) উৎপন্ন করে।

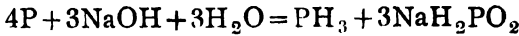
$$P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$$

সাদা ফসফরাসকে অতিরিক্ত বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4P+5O_2=2P_2O_5$$

বিশুদ্ধ অবস্থায় ফসফরাস পেণ্টক্সাইড গন্ধহীন সাদা পাউডার। কিন্তু অন্য অক্সাইড মিশ্রিত থাকিলে ইহাতে রসুনের গন্ধ পাওয়া যায়। ইহাকে তাপের প্রভাবে ঊর্ধ্বপাতিত (sublime) করা যায়। ইহা একটি **ক্ষমতাশালী শোষক (absorbent)**। ইহা সহজেই জলীয় বাষ্প শোষণ করে। ইহাকে ঠাণ্ডা জলে ফেলিলে হিস্ হিস্ শব্দ করিয়া ক্রিয়া করে এবং মেটা-ফসফরিক এ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$$

গরম জলের সহিত ইহা অর্থো-ফসফরিক এ্যাসিড উৎপন্ন করে।

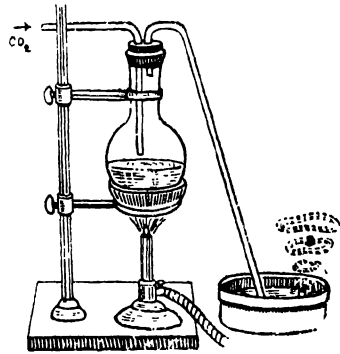
$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

ইহা একটি **শক্তিশালী নিরুদক (dehydrating agent)**। ইহা নাইট্রিক এ্যাসিড ও সালফিউরিক এ্যাসিড হইতে জল টানিয়া লইতে পারে।

* **ফসফিন (Phosphine)** :—সাদা ফসফরাসকে কষ্টিক সোডা (NaOH) বা কষ্টিক পটাশ (KOH) দ্রবণে ফটাইলে ফসফিন (PH_3) উৎপন্ন হয়।

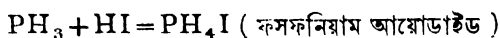
$$4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$$

সোডিয়াম হাইপোফসফাইট

একটি কাচের কূপীতে (flask) কষ্টিক পটাশ-দ্রবণ লইয়া উহাতে কয়েক টুকরা সাদা ফসফরাস ফেলিয়া দেওয়া হয়। দুইটি কাচনলযুক্ত একটি কর্ক দ্বারা ফ্লাস্কের মুখটি আঁটিয়া দেওয়া হয়। একটি নল দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) বা কোল গ্যাস (coal gas) প্রবাহিত করিয়া ফ্লাস্কের বায়ু নিষ্ক্রান্ত করা হয়। অপর নলের মুখটি একটি জল-ভরা দ্রোণীতে (trough) ডুবানো থাকে। এখন ফ্লাস্কটিকে দীপদ্বারা উত্তপ্ত করিলে ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া জল হইতে ছোট ছোট বুদ্বুদাকারে উঠিতে থাকে এবং বায়ুর সংস্পর্শে

ফসফিন

আসিয়াই জ্বলিয়া উঠে ও যথেষ্ট ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। এই ধোঁয়াটি কুণ্ডলাকারে বাহির হইয়া ঘুরিতে ঘুরিতে উপরে উঠে এবং ক্রমশঃ আয়তনে বড় হয়। ইহাকে ফসফিনের ধূম্রবলয় (vortex ring) বলা হয়। প্রকৃতপক্ষে ফসফিন গ্যাস দাহ্য (inflammable) নয়। কিন্তু ফসফিনের সহিত সর্বদাই কিছু পরিমাণে ফসফরাস

* পাঠ্য বিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে।

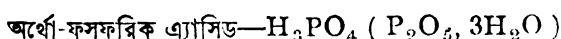
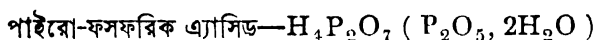
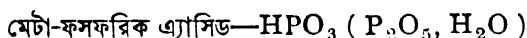
ডাই-হাইড্রাইড (phosphorus dihydride—P_2H_4) উৎপন্ন হয়। ইহা অত্যন্ত দাহ্য এবং বায়ুর সংস্পর্শে আসিলেই জ্বলিয়া উঠে, ফলে ফসফিনও জ্বলিয়া যায়। ফসফিনের গঠন এ্যামোনিয়ার ন্যায়। কিন্তু ইহা বর্ণহীন, বিষাক্ত এবং পচা মাছের দুর্গন্ধযুক্ত। ইহা জলে সামান্য দ্রবণীয়। ইহার ক্ষারীয় গুণ আছে বটে কিন্তু লিটমাসের উপর কোন ক্রিয়া নাই। এ্যামোনিয়ার ন্যায় ফসফিনও বিভিন্ন এ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ায় ফসফনিয়াম লবণ (phosphonium salts) উৎপন্ন করে।

$$PH_3 + HI = PH_4I$$ (ফসফনিয়াম আয়োডাইড)

ফসফরিক এ্যাসিড:
(Phosphoric acid)

ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ায় ফসফরাসের তিনটি এ্যাসিড উৎপন্ন হয়। যথা—

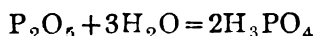
মেটা-ফসফরিক এ্যাসিড—HPO_3 (P_2O_5, H_2O)

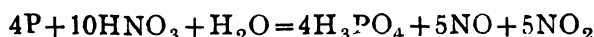
পাইরো-ফসফরিক এ্যাসিড—$H_4P_2O_7$ ($P_2O_5, 2H_2O$)

অর্থো-ফসফরিক এ্যাসিড—H_3PO_4 ($P_2O_5, 3H_2O$)

ইহাদের মধ্যে অর্থো-ফসফরিক এ্যাসিডই (ortho-phosphoric acid) উল্লেখযোগ্য। ইহাকে **ফসফরিক এ্যাসিডও** (**phosphoric acid**) বলে।

ফসফরিক এ্যাসিডের প্রস্তুতি (Preparation of Phosphoric acid):—

১। ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) গরম জলে ফেলিলে হিস হিস শব্দ করিয়া উহা জলে দ্রবীভূত হয় এবং ফসফরিক এ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

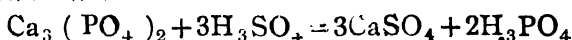
$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

২। সাধারণতঃ রসায়নাগারে গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিডের সহিত সাদা ফসফরাস উত্তপ্ত করিয়া ফসফরিক এ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

খনিজ ফসফরাইট (mineral phosphorite) বা অস্থিভস্ম (bone-ash) ও নাতিগাঢ় (moderate strength) সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বৃহদায়তনে ফসফরিক এ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

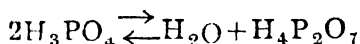
[জীবজন্তুর অস্থি প্রথমতঃ টুকরা টুকরা করিয়া জলে ফুটাইয়া পরিষ্কৃত করা হয়। অতঃপর ইহাতে কার্বন ডাই-সালফাইড মিশ্রিত করিলে স্নেহ ও চর্বিজাতীয় পদার্থ নিষ্কাশিত হয়। ইহার পর ইহাকে অতিতপ্ত স্টীমের ভিতরে সিদ্ধ করিলে জিলাটিন ও আঠা-জাতীয় জৈব পদার্থগুলি দূরীভূত হয়। এখন এই অস্থিচূর্ণকে একটি আবদ্ধ লৌহ পাত্রে অন্তর্ধূম পাতন (destructive distillation) করিলে তরল ও

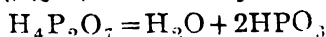
ক্ষারধর্মী পদার্থ পাতিত হয় এবং লৌহপাত্রে অস্থিভস্ম কালো বিচূর্ণ পদার্থে রূপান্তরিত হয়। ইহাকে অস্থি-কয়লা (bone-charcoal) বলে। এখন অস্থি কয়লাকে বায়ুতে ভস্মীভূত করিলে ইহা সাদা পদার্থে রূপান্তরিত হয়। ইহাকেই অস্থি-ভস্ম (Bone-Ash) বলে। ইহাতে প্রায় ৪০% ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে।]

অস্থিভস্ম চূর্ণ (bone-ash) ও নাতিগাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড কয়েক ঘণ্টা ধরিয়া লৌহপাত্রে ফুটান হয়। ফলে যে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) উৎপন্ন হয় তাহা পরিস্রাবণ করিয়া পৃথক করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণে (filtrate) ফসফরিক এ্যাসিড থাকে।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

এই দ্রবণকে উত্তাপে বাষ্পীভূত করিলে সিরাপের মত এক প্রকার তরল প্রস্তুত হয়। ইহাতে 85% ফসফরিক এ্যাসিড থাকে।

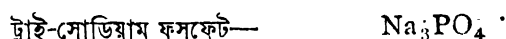
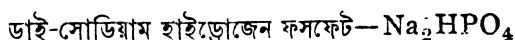
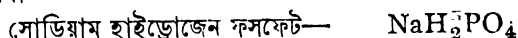
ফসফরিক এ্যাসিডের ধর্ম (Properties of Phosphoric acid) :—বিশুদ্ধ ফসফরিক এ্যাসিড বর্ণহীন, উদগ্রাহী (deliquescent) স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। ইহা একটি মৃদু এ্যাসিড। ইহার অণুতে প্রচুর অক্সিজেন থাকা সত্ত্বেও ইহার জারণ ক্ষমতা নাই। 213°C হইতে 250°C পর্য্যন্ত উত্তপ্ত করিলে ইহার অণু হইতে একটি জলের অণু নিষ্ক্রান্ত হইয়া **পাইরো-ফসফরিক এ্যাসিডে** (**Pyrophosphoric acid**) রূপান্তরিত হয়।

$$2H_3PO_4 \rightleftarrows H_2O + H_4P_2O_7$$

ইহাকে আরও উত্তপ্ত করিলে 316°Cতে ইহা হইতে আর একটি জলের অণু নিষ্ক্রান্ত হইয়া **মেটা-ফসফরিক এ্যাসিডে** (**Meta Phosphoric acid**) রূপান্তরিত হয়।

$$H_4P_2O_7 = H_2O + 2HPO_3$$

ফসফরিক এ্যাসিডের তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুকেই একযোজী (monovalent) ধাতব পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত (replaced) করিয়া তিন প্রকার ফসফেট লবণ উৎপন্ন হয়। যথা—

সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট— NaH_2PO_4

ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট— Na_2HPO_4

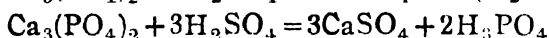
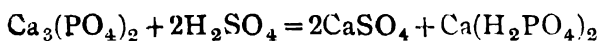
ট্রাই-সোডিয়াম ফসফেট— Na_3PO_4

সুপারফসফেট অফ্ লাইম :

(Superphosphate of Lime)

নাইট্রোজেন ও ফসফরাস প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহ গঠনের অপরিহার্য্য উপাদান। ইহাদের ব্যতিরেকে উদ্ভিদ বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয় না। উদ্ভিদ প্রাকৃতিক উপায়ে নাইট্রোজেন

সংগ্রহ করে। জীবজন্তুর পচাদেহ ও হাড় হইতে জমি ফসফরাস সংগ্রহ করে এবং ইহা হইতে উদ্ভিদ পায়। বর্তমানে পৃথিবীতে লোকসংখ্যা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে জমিতে ফসল উৎপাদন বৃদ্ধির প্রয়োজন পড়িয়াছে। ইহার জন্য কৃত্রিম নাইট্রেট ও ফসফেট সারের প্রয়োজন। ফসফেট সার হিসাবে অস্থিচূর্ণ ও খনিজ ফসফরাইট ব্যবহার করা চলে, কিন্তু ইহারা জলে অদ্রাব্য বলিয়া সার হিসাবে ব্যবহার করিলে, অতি অল্প পরিমাণেই উদ্ভিদের ব্যবহারোপযোগী হয়। সেইজন্য ফসফেট সারের পরিবর্তে জলে দ্রাব্য সুপার ফসফেট অফ্ লাইম (super-phosphate of lime) ব্যবহার করা হয়।

খনিজ ফসফরাইট চূর্ণ বা অস্থিচূর্ণের সহিত ওজন অনুপাতে দুই-তিন ভাগ 90% সালফিউরিক এ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণটি যন্ত্রের সাহায্যে লৌহ পাত্রে আলোড়িত করিয়া 24 ঘণ্টা রাখিয়া দেওয়া হয়। ক্যালসিয়াম ফসফেট ধীরে ধীরে সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সালফেট, প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট [Primary Calcium Phosphate—$Ca(H_2PO_4)$]$_2$ ও ফসফরিক এ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = 2CaSO_4 + Ca(H_2PO_4)_2$$
$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট, ক্যালসিয়াম সালফেট ও ফসফরিক এ্যাসিডের মিশ্রণটি পাত্র হইতে বাহির করিয়া শুষ্ক করা হয়। এই মিশ্রণকে **সুপার-ফসফেট অফ লাইম** (**Super-phosphate of Lime**) বলে। শুষ্ক মিশ্রণটিকে চূর্ণ করিয়া বাজারে সার (manure) হিসাবে বিক্রয় করা হয়।

আর্সেনিক ঃ
(Arsenic)

আর্সেনিক নাইট্রোজেন পরিবারের একটি সভ্য। নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের ন্যায় আর্সেনিকেরও যোজ্যতা (valency) তিন ও পাঁচ। ইহাও অক্সিজেনের সহিত দুই রকম অক্সাইড যথা—আর্সেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) এবং আর্সেনিক অক্সাইড (As_2O_5) গঠন করে। এই অক্সাইডগুলিও এ্যাসিডধর্মী এবং জলের সহিত মিলিয়া আর্সেনিয়াস এ্যাসিড (H_3AsO_3) ও আর্সেনিক এ্যাসিড (H_3AsO_4) উৎপন্ন করে। ইহা হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া আরসিন (AsH_3) গ্যাস সৃষ্টি করে। ক্লোরিনের সহিত মিলিত হইয়া দুই রকম ক্লোরাইড ($AsCl_3$; $AsCl_5$) গঠন করে।

† নাইট্রোজেন, ফসফরাস, ও আর্সেনিকের তুলনামূলক আলোচনা (Comparative study of Nitrogen, Phosphorus and Arsenic):— নাইট্রোজেন, ফসফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনী ও বিসমাথ পর্য্যায় সারণীতে (Periodic Table) পঞ্চম শ্রেণীর উপশ্রেণীর অন্তর্গত। এই মৌলগুলির ধর্ম নাইট্রোজেন হইতে আর্সেনিক পর্য্যন্ত ধাপে ধাপে পরিবর্তিত (gradual transition) হয়।

ইহাদের ধর্ম অধাতু হইতে ক্রমশঃ ধাতুতে পরিবর্তিত হইতেছে। কারণ নাট্রোজেন, ও ফসফরাস অধাতু এবং আর্সেনিক অধাতু হইলেও কিছু কিছু ধাতব ধর্মও আছে সেইজন্য ইহাকে অনেক সময় ধাতুকল্প (metalloid) বলা হয়। ইহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব (atomic weight) নাইট্রোজেন হইতে ফসফরাস পর্যন্ত বৃদ্ধি পাইয়াছে। নাইট্রোজেন গ্যাসীয় পদার্থ, ফসফরাস কঠিন কিন্তু ইহা অতি সহজেই বাষ্পীভূত হয়। আর্সেনিক কঠিন এবং সহজে বাষ্পীভূত হয় না। ইহারা প্রত্যেকেই একাধিক অক্সাইড গঠন করে এবং অক্সাইডগুলি এ্যাসিড ধর্মী। অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া এ্যাসিড উৎপন্ন করে। আর্সেনিকের অকসাইডগুলির ক্ষারকীয় (basic) ধর্মও আছে।

ইহারা সকলেই হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া হাইড্রাইড (RH_3) গঠন করে। এই হাইড্রাইডগুলির স্থায়িত্ব (stability) নাইট্রোজেন হইতে কমিয়া যায়। এ্যামোনিয়া (NH_3) ক্ষারীয় (alkaline) ধর্মবিশিষ্ট এবং এ্যাসিডের সহিত লবণ উৎপন্ন করে। ফসফিন (PH_3) ক্ষারকীয় (basic) ধর্মবিশিষ্ট কিন্তু ইহার ক্ষারীয় ধর্ম নাই। আরসিন (AsH_3) ক্ষারীয় বা ক্ষারকীয় কোন ধর্মবিশিষ্ট নহে। ইহারা ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া ক্লোরাইড (RCl_3) গঠন করে। এই ক্লোরাইডগুলির স্থায়িত্ব নাইট্রোজেন হইতে বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়। ইহারা সকলেই অক্সি-এ্যাসিড (HRO_3) উৎপন্ন করে। অক্সি-এ্যাসিডগুলির স্থায়িত্ব নাইট্রোজেন হইতে কমিয়া যায়।

আর্সেনাইট ও আর্সেনেট (Arsenite and Arsenate) :—আর্সেনিয়াস অক্সাইডকে (As_2O_3) জলে দ্রবীভূত করিলে আর্সেনিয়াস এ্যাসিড (H_3AsO_3) উৎপন্ন হয়। উহা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় **আর্সেনাইট** লবণ উৎপন্ন করে। যেমন, সোডিয়াম আর্সেনাইট Na_3AsO_3। সেইরূপ আর্সেনিক অক্সাইডকে (As_2O_5) জলে দ্রবীভূত করিলে আর্সেনিক এ্যাসিড (H_3AsO_4) উৎপন্ন হয়। এই আর্সেনিক এ্যাসিড ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় **আর্সেনেট** লবণ উৎপন্ন করে। যেমন, সোডিয়াম আর্সেনেট Na_3AsO_4। আর্সেনিক, আর্সেনাইট এবং আর্সেনেট প্রত্যেকেই

† বিশদভাবে না পড়িলেও চলিবে।

অত্যধিক বিষাক্ত। আর্সেনাইট (arsenite) ও আর্সেনেট (arsenate) লবণের বিষাক্ত প্রকৃতির জন্য বীজাণু ও কীটাণু নাশকরূপে ব্যবহৃত হয়। ফল ও ফুলের বাগানে ও কৃষিক্ষেত্রে কীটাণু নাশের জন্য এবং আগাছা নির্মূল করিবার জন্য সোডিয়াম আর্সেনাইট ও লেড আর্সেনেট ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম আর্সেনাইট ঔষধরূপেও ব্যবহৃত হয়। উজ্জ্বল বর্ণের কিউপ্রিক আর্সেনাইট ($CuHAsO_3$) বা শীলির গ্রীন (Scheele's Green) [আর্সেনিয়াস অক্সাইড ও কপার সালফেটের মিশ্রণ] সবুজ রঞ্জক (pigment) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। উজ্জ্বল প্যারিস গ্রীন (Paris Green) [কিউপ্রিক আর্সেনাইট ও কিউপ্রিক এ্যাসিটেটের মিশ্রণ] তৈল চিত্রে ব্যবহৃত হয়।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What are the similarities between Nitrogen and Phosphorus ? How would you prepare the hydrogen compounds of nitrogen and phosphorus ? State principles only.

[নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের মধ্যে সাদৃশ্য কোথায় ? কিরূপে নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের হাইড্রোজেন যৌগ প্রস্তুত করিবে ? কেবলমাত্র মূলতত্ত্বটি বর্ণনা কর।]

2. Describe the allotropic modifications of phosphorus. How may Red phosphorus be obtained from White phosphorus and *vice-versa* ? Indicate their uses.

[ফসফরাসের বহুরূপতা বর্ণনা কর। কিরূপে লাল ও সাদা ফসফরাস একটি হইতে অপরটি প্রস্তুত করা যায় ? ইহাদের ব্যবহার সম্বন্ধে লিখ।]

3. Write what you know about the Super-phosphate of lime. How are the Arsenites and Arsenates obtained ? What are their uses ?

[সুপার-ফসফেট অফ্ লাইম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। কিরূপে আর্সেনাইট ও আর্সেনেট পাওয়া যায় ? ইহারা কি প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয় ?]

4. Discuss the family relationship of Nitrogen, Phosphorus and Arsenic.

[নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও আর্সেনিক যে সমপরিবারভুক্ত তাহা আলোচনা কর।]

5. Describe the electric method of extraction of Phosphorus from mineral Phosphorite. What are the characteristics of White and Red Phosphorus ?

[খনিজ ফসফরাইট হইতে ফসফরাস নিষ্কাশনের বৈদ্যুতিক প্রণালীটি বর্ণনা কর। সাদা ও লাল ফসফরাসের বৈশিষ্ট্যগত ধর্ম কি কি ?]

6. Starting from White Phosphorus how would you prepare— (i) Phosphorus trioxide, (ii) Phosphorus pentoxide (iii) Phosphine and, (iv) Orthophosphoric acid ?

[সাদা ফসফরাস হইতে কিরূপে (i) ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড, (ii) ফসফরাস পেণ্টক্সাইড, (iii) ফসফিন ও (iv) অর্থোফসফরিক এ্যাসিড প্রস্তুত করিবে ?]

7. Show that Phosphorus is a chemical analogue of Nitrogen.

[ফসফরাস যে নাইট্রোজেনের রাসায়নিক অনুরূপ তাহা দেখাও।]

8. Explain with equation, what happens when—

[কি ঘটিবে সমীকরণ দ্বারা বর্ণনা কর] :—

(i) Both Red and White Phosphorus are boiled with caustic soda solution ;

[সাদা ও লাল উভয় ফসফরাসই কষ্টিক সোডা দ্রবণে ফুটাইলে]

(ii) Red Phosphorus is heated with concentrated Nitric acid ;

[লাল ফসফরাস ঘন নাইট্রিক এ্যাসিডে উত্তপ্ত করিলে]

(iii) Slow stream of Chlorine is passed through White Phosphorus melted under water ;

[জলে গলিত সাদা ফসফরাসের উপর দিয়া ধীরে ধীরে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে]

(iv) Phosphorus Pentoxide is added to boiling water ;

[ফুটন্ত জলে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড যোগ করিলে]

(v) 'Oxygen is passed over White Phosporus under water.

[জলে রক্ষিত ফসফরাসের উপর দিয়া অক্সিজেন প্রবাহিত করিলে।]

১১

ক্লোরিন ও ইহার যৌগসমূহ

(Chlorine and its Compounds)

খাদ্যরূপে যে লবণ ব্যবহার করা হয় তাহার রাসায়নিক নাম **সোডিয়াম ক্লোরাইড** (**Sodium Chloride**) এবং সাধারণভাবে নুন বলা হয়। খাদ্য-লবণ মানবদেহের অপরিহার্য্য উপাদান। খাদ্যের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ লবণ গ্রহণ না করিলে শরীর ভাল থাকে না। ইহা প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। সমুদ্রের জলে প্রায় 3% খাদ্যলবণ আছে। অনেক হ্রদেও লবণ পাওয়া যায় যেমন—রাজপুতানার সাম্ভর হ্রদ। অনেক দেশে, যথা ইংলণ্ডে, জার্মানীতে, অষ্ট্রিয়ায় ও পোল্যাণ্ডে এবং ভারতে রাজস্থানে মাটির নীচে লবণের স্তর আছে। এই স্তর হইতে লবণ খনন করিয়া বাহির করা হয়।

সমুদ্রের তীরে চৌবাচ্চা নির্মাণ করিয়া, তাহাতে জোয়ারের জল ধরিয়া রাখা হয়। সূর্য্যের উত্তাপে চৌবাচ্চার জল বাষ্পীভূত হইলে লবণ চৌবাচ্চার নীচে কেলাস (crystal) আকারে পড়িয়া থাকে। বাজারে ইহা কর্কশ লবণরূপে বিক্রয় হয়। শীতপ্রধান দেশে সূর্যের উত্তাপ প্রখর না হওয়ায়, আগুনের সাহায্যে সমুদ্রের জল বাষ্পীভূত করিয়া লবণ বাহির করা হয়। লবণের খনি খনন করিয়া প্রাপ্ত লবণ বাজারে সৈন্ধব লবণরূপে বিক্রয় হয়। ইহাতে সামান্য পরিমাণে আয়রণ অক্সাইড মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহাকে ঈষৎ লালাভ দেখায়।

বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড সাদা স্ফটিকাকার (crystalline solid) পদার্থ। কিন্তু বাজারের লবণ বিশুদ্ধ না থাকায় ইহার রং সাদা হয় না। বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড উদগ্রাহী (deliquescent) নহে। কিন্তু বাজারের লবণ বর্ষাকালে বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প টানিয়া লইয়া গলিয়া যাইতে দেখা যায়। তাহার কারণ বাজারের লবণে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত থাকে। উহারা উদগ্রাহী পদার্থ। উহারা বায়ুর জলীয় বাষ্প টানিয়া লইয়া গলিয়া যায় বলিয়া সাধারণ লবণ গলিয়া যায়। লবণ জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড খাদ্য-লবণ ছাড়াও সোডিয়াম কার্বনেট, কষ্টিক সোডা, ক্লোরিন, হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড প্রভৃতি প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। মাছ-মাংস তাজা রাখিতে লবণ প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
(Hydrogen Chloride)

আণবিক সংকেত—HCl আণবিক গুরুত্ব—36·46

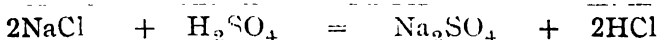
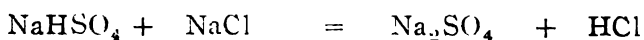
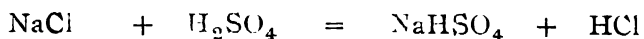
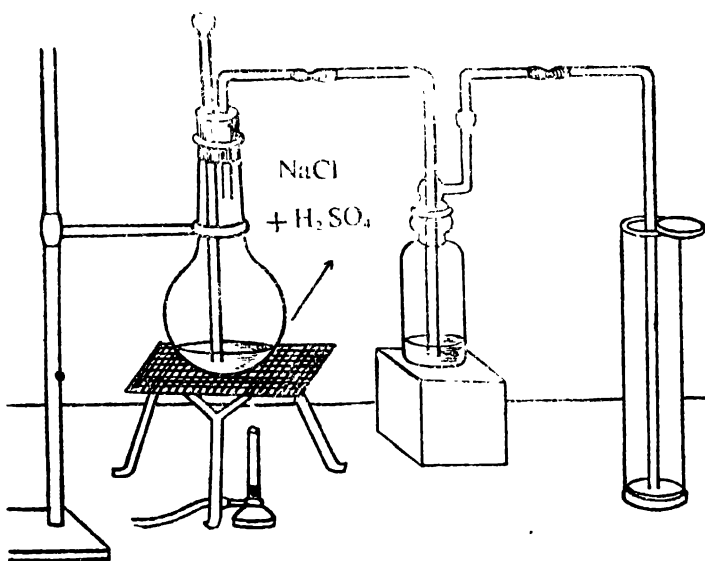
১৬৪৮ খৃষ্টাব্দে জার্মান বিজ্ঞানী গ্লবার (Glauber) সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) ও সালফিউরিক এ্যাসিডের মিশ্রণ পাতিত করিয়া একটি ঝাঁঝাল গ্যাস প্রস্তুত করেন। খাদ্যলবণ হইতে পাওয়া যায় বলিয়া ইহার নাম "লবণের নির্য্যাস" (spirits of salt) বলা হইত। ১৭৭২ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী প্রিস্টলী (J. Priestley) লক্ষ্য করেন যে এই গ্যাসটি জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ আম্লিক (acidic)। সামুদ্রিক লবণ হইতে এই এ্যাসিডটি তৈয়ারী হয় বলিয়া প্রিস্টলী ইহার নামকরণ করেন "সামুদ্রিক এ্যাসিড (Muriatic acid)। উৎপন্ন গ্যাসটির জলীয় দ্রবণ অম্লগুণসম্পন্ন লক্ষ্য করিয়া বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার মনে করিতেন ইহা নিশ্চয়ই কোন অধাতব অক্সাইড। ১৭৭৪ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী শীলি এই মিউরিয়েটিক এ্যাসিডের সহিত ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) উত্তপ্ত করিয়া একটি হরিতাভ পীত (greenish yellow) গ্যাস পান। ইহা মিউরিয়েটিক এ্যাসিডের জারিত পদার্থ মনে করিয়া ল্যাভয়সিয়ার বলেন ইহা একটি অক্সাইড এবং নামকরণ হয় অক্সি-মিউরিয়েটিক এ্যাসিড (oxy-muriatic acid)। কিন্তু এই হরিতাভ পীত গ্যাসটি প্রকৃতই অক্সাইড কিনা সে বিষয়ে বৃটিশ বিজ্ঞানী **হামফ্রে ডেভি (Humprey Davy**) ১৮১০ খৃষ্টাব্দে নানাভাবে পরীক্ষা করিয়া দেখেন যে উহাতে অক্সিজেন নাই। তিনিই সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে, হরিতাভ পীত গ্যাসটি একটি মৌলিক পদার্থ। তিনি এই মৌলিক গ্যাসীয় পদার্থটির হরিতাভ বর্ণের জন্য নাম দেন **ক্লোরিন (Chlorine)** (গ্রীক ভাষায় chloros শব্দের অর্থ হরিতাভ)। তিনি আরও বলেন যে লবণের নির্য্যাস বা সামুদ্রিক এ্যাসিড এই ক্লোরিন ও হাইড্রোজেনের একটি যৌগিক পদার্থ এবং ইহার নাম দেন **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (Hydrogen Chloride)**। ইহার জলীয় দ্রবণ এ্যাসিড বলিয়া এই যৌগটির নামকরণ হয় **হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড (Hydrochloric acid)**।

অবস্থান (Occurrence) :—আগ্নেয়গিরির গ্যাসে এবং জীবদেহের পাকযন্ত্রে এই এ্যাসিডটি মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের প্রস্তুতি :
(Preparation of Hydrogen Chloride)

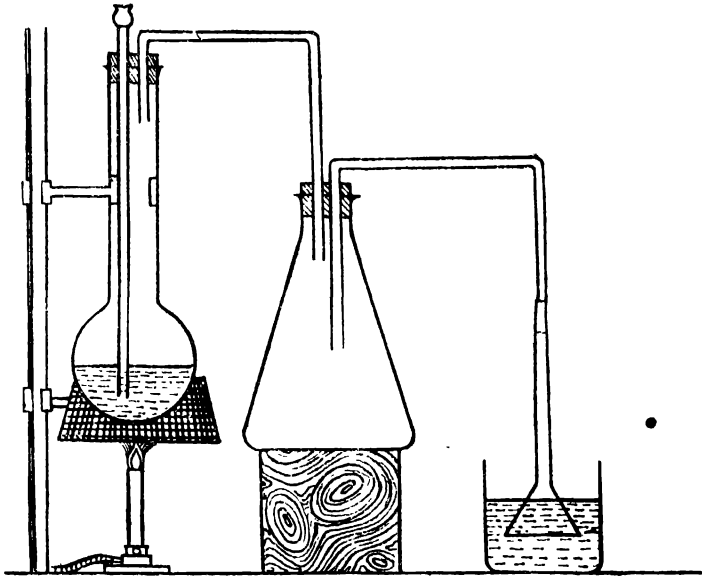
রসায়নাগার পদ্ধতি (Laboratory Process) :—রসায়নাগারে খাদ্য-

লবণের সহিত গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ার দ্বারা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি ঘটে দুই ধাপে। প্রথমে 150°—200°C উষ্ণতায় সোডিয়াম বাই-সালফেট ($NaHSO_4$) ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) উৎপন্ন হয় এবং 500°C উষ্ণতায় উৎপন্ন সোডিয়াম বাইসালফেটের সহিত আরও সোডিয়াম ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4) উৎপন্ন হয়।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$
$$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$$
$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

একটি কাচের ফ্লাস্কে কিছু খাদ্য-লবণ (NaCl) লইয়া দীর্ঘনল ফানেল (thistle funnel) ও নির্গম নলযুক্ত (delivery tube) একটি কর্কের দ্বারা ফ্লাস্কের মুখটি ভালভাবে আঁটিয়া দেওয়া হয়। দীর্ঘনল মাধ্যমে প্রায় দ্বিগুণ পরিমাণ ঘন সালফিউরিক এ্যাসিড ফ্লাস্কে ঢালিয়া লক্ষ্য রাখিতে হয় যাহাতে দীর্ঘনলের নীচের অংশটি এ্যাসিডে

রসায়নাগারে হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড প্রস্তুতি

ডুবিয়া থাকে। এখন বুনসেন দীপ দ্বারা ফ্লাস্কটিকে সামান্য উত্তপ্ত করিলেই হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় বলিয়া ইহাকে জলের উপর সংগ্রহ করা যায় না। কিন্তু ইহা বায়ু অপেক্ষ

ভারি বলিয়া বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা ইহাকে সংগ্রহ করা হয়। উৎপন্ন গ্যাসটি একটি ফ্লাস্কে অবস্থিত গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া গ্যাস জারে সংগ্রহ করিলে গ্যাসটি অনার্দ্ররূপে পাওয়া যায়।

হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দ্রবণ :—হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের জলীয় দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড বলা হয়। এই গ্যাস জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় (highly soluble), সেইজন্য উৎপন্ন গ্যাসটি নির্গত-নলদ্বারা নির্গত হইয়া সোজাসুজি জলে প্রবেশ করিতে দেওয়া হয় না। তাহার কারণ, যে গতিতে গ্যাস উৎপন্ন হয় উহার অধিক দ্রুত গতিতে গ্যাসটি জলে দ্রবীভূত হয়; ফলে এ্যাসিড দ্রবণটি নির্গম নল দিয়া ফ্লাস্কে প্রবেশ করিয়া বিস্ফোরণ ঘটাইতে পারে। সেইজন্য রসায়নাগার পদ্ধতি অনুসারে উৎপন্ন গ্যাসটি প্রথমে একটি খালি ফ্লাস্কে প্রবেশ করান হয়। সেখান হইতে উহা কাচনলের সাহায্যে একটি ফানেলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া জলের সংস্পর্শে

হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ

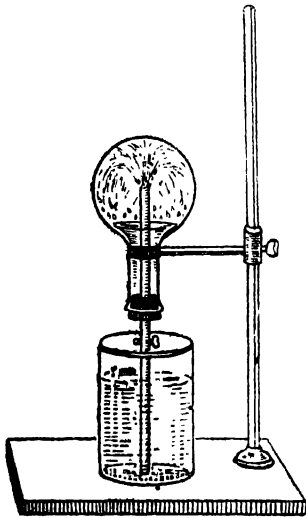
আসে। ফানেলটি জলের সমতলে রাখিতে হয় তাহা হইলে এ্যাসিড দ্রবণটি ফ্লাস্কে পৌঁছিবার সম্ভাবনা থাকে না।

বাণিজ্যিক পদ্ধতি (Commercial Preparation) :—রসায়নাগার পদ্ধতির অনুরূপভাবে বাণিজ্যিক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত হয়। বড় বড় লোহার

পাত্রে সাধারণ লবণ ও ঘন সালফিউরিক এ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন গ্যাসটি চিনামাটি নির্মিত বড় বড় জলপূর্ণ জালার মধ্যে প্রবাহিত করা হয়। আজকাল হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস দুইটির প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটাইয়া (synthesis) হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে (electrolysis) কষ্টিক সোডা (NaOH) প্রস্তুত করিবার সময় প্রচুর হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন উপজাত পদার্থরূপে (bye-product) পাওয়া যায়। উৎপন্ন গ্যাস দুইটি সম আয়তনে সিলিকা দ্বারা নির্মিত মিশ্রণ কক্ষের মধ্যে প্রবেশ করান হয়। মিশ্রণটি অতি সামান্য তাপ পাইলেই হাইড্রোক্লোরিক গ্যাস উৎপন্ন হয়। হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাসটি জলধারায় দ্রবীভূত করিয়া প্রয়োজনানুসারে গাঢ় করা হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধর্ম :

(Properties of Hydrogen Chloride)

ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :—হাইড্রোজেন ক্লোরাইড শ্বাসরোধকারী ঝাঁঝাল গন্ধবিশিষ্ট একটি বর্ণহীন গ্যাস। আর্দ্র বায়ুতে ইহা ধূমায়িত হয়। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারি এবং জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণ তীব্রতম এ্যাসিড এবং নীল লিটমাসকে লাল করে।

ঝর্ণাধারার পরীক্ষা (Fountain Experiment) :—একটি গোলাকার তল ফ্লাস্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া মুখটি ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। একটি সূচল মুখযুক্ত (jet) কাচনলের সূচল মুখটি কর্কের মধ্য দিয়া ফ্লাস্কে প্রবেশ করান হয়। একটি কাচের পাত্রে নীল লিটমাস দ্রবণ লইয়া ফ্লাস্কটি ধারকের সাহায্যে লিটমাস দ্রবণ পাত্রের উপর উল্টাইয়া রাখা হয়। এখন ফ্লাস্কটির মাথার উপর একটু ইথার (ether) ঢালিয়া দিলে ফ্লাস্কের মধ্যে গ্যাসটি শীতল হয় এবং আয়তনের সংকোচন হয়। শূন্যস্থান পূরণের জন্য নীল লিটমাস দ্রবণ কাচনল বাহিয়া সূচল মুখ দিয়া ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করে। লিটমাস দ্রবণ ফ্লাস্কে প্রবেশ করার ফলে গ্যাস দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া লাল হইয়া যায় এবং

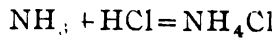
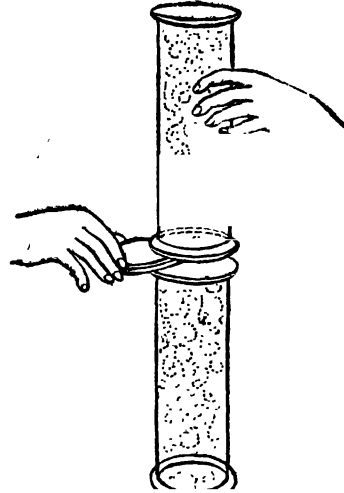
ঝর্ণাধারার পরীক্ষা

পাত্রের চাপ কমিয়া যায় এবং বাহিরের জল বেগে ঝর্ণাধারার ন্যায় ফ্লাস্কে প্রবেশ করিয়া

ফ্লাস্কটি ভর্তি করিয়া ফেলে। এই পরীক্ষা দ্বারা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের জলে **দ্রাব্যতা** ও **অম্লধর্মের** (acid property) পরিচয় পাওয়া যায়।

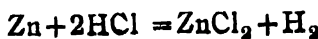
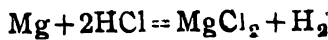
রাসায়নিক ধর্ম (**Chemical Properties**) :—হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নিজেও জ্বলে না এবং অপরকে জ্বলিতে সাহায্যও করে না। ইহা একটি তীব্র এ্যাসিড। কিন্তু সম্পূর্ণ শুষ্ক অবস্থায় শুষ্ক লিটমাস কাগজের উপর কোন ক্রিয়া নাই।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস এ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় ধূম উৎপন্ন করে।

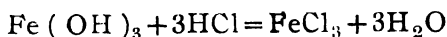
$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

পরীক্ষা :—একটি গ্যাসজারে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস ভর্তি করা হইল। আর একটি গ্যাসজারে এ্যামোনিয়া গ্যাস বা দুই ফোঁটা এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) দিয়া ভাল করিয়া জারটি তরল দ্বারা মাখাইয়া লওয়া হয়। এখন এ্যামোনিয়ার গ্যাস জারটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ভরা গ্যাসজারটির উপর বসাইয়া গ্যাসজার ঢাকনি (gas-jar lid) দুইটি সরাইয়া লইলে দেখা যাইবে সাদা ধূমে জার দুইটি ভরিয়া গিয়াছে। এই সাদা ধূমটি এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম কণা। সাদা ধূমটি কিছুক্ষণ পরে পরিষ্কার হইয়া যাইলে জারের গায়ে সাদা সাদা এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের গুঁড়া লাগিয়া থাকিতে দেখা যাইবে।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও এ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া

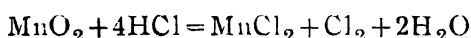
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এ্যাসিড বলিয়া ইহাতে এ্যাসিডসুলভ সমস্ত গুণই বর্তমান। ইহা লেড (Pb), সিলভার (Ag), গোল্ড (Au), প্লাটিনাম (Pt) ও মারকারি (Hg) ব্যতীত প্রায় সকল ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় ধাতব ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

অনুরূপভাবে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দ্রবণের সহিত ধাতব অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড, প্রভৃতির ক্রিয়ার ফলে জল ও ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$

$$Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$$

হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2), লেড ডাই-অক্সাইড (PbO_2) প্রভৃতি অক্সাইড অথবা পটাশিয়াম পার্ম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$), পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) প্রভৃতি জারক পদার্থ দ্বারা জারিত হইয়া ক্লোরিন গ্যাসে পরিণত হয়।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ব্যবহার (Uses of Hydrogen Chloride) :— হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ক্লোরিন উৎপাদনে, রঞ্জন-শিল্পে, ফসফেট ও ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। রসায়নাগারে বিকারক (reagent) রূপে হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড প্রচুর ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের লঘু-দ্রবণ ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

নিরীক্ষণ (Tests) :—হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাসের সামনে এক টুকরা ভিজা নীল লিটমাস কাগজ ধরিলে লাল হইয়া যাইবে। হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাসের উপর একটি কাচদণ্ড এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে ডুবাইয়া ধরিলে কাচ দণ্ডটি এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধূমে পরিণত হইবে।

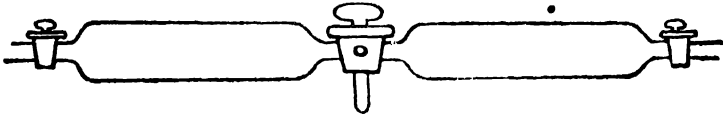
হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দ্রবণে একটু ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড দিয়া উত্তপ্ত করিলে হরিতাভ পীত বর্ণের ক্লোরিণ গ্যাস উৎপন্ন হইবে।

হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দ্রবণে কিংবা কোন ক্লোরাইড লবণের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ ($AgNO_3$) ঢালিলে সিলভার ক্লোরাইডের ($AgCl$) সাদা অধঃক্ষেপ (precipitate) পড়িবে। অধঃক্ষেপটি লঘু নাইট্রিক এ্যাসিডে অদ্রবণীয় কিন্তু এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবণীয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক সংযুতি :
(Volumetric Composition of Hydrogen Chloride)

দুইদিকে সম আয়তনের দুইটি কাচের বাল্‌বযুক্ত (bulb) একটি শক্ত কাচের নল লওয়া হয়। বাল্‌ব দুইটীর সংযুক্তি নালার মাঝে একটি কাচের ছিপি যুক্ত থাকে। বাল্‌ব দুইটির দুই প্রান্তে দুইটি কাচের ছিপি (stop cock) যুক্ত থাকে। সংযুক্তি ছিপিটি বন্ধ করিয়া বাল্‌ব দুইটির একটি শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন এবং অপরটি শুষ্ক ও বিশুদ্ধ ক্লোরিন

গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হইল। প্রান্তের ছিপি দুইটি (stop cock) বন্ধ করিয়া সংযুক্তি ছিপিটি খুলিয়া দিয়া কাচনলটি মৃদু আলোতে রাখিয়া দেওয়া হইল। কয়েক ঘণ্টা পরে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস পরস্পর মিশ্রিত হইয়া আলোর সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করিবে।

যেহেতু বাল্‌ব দুইটির আয়তন সমান, অতএব কাচনলে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসের আয়তন সমান। সংযুক্তি ছিপিটি খোলা অবস্থায় কাচনলটির এক প্রান্ত একটি পারদ-পূর্ণ পাত্রের মধ্যে ডুবাইয়া সেই প্রান্তের ছিপিটি খুলিয়া দিলে দেখা যাইবে যে কাচনলের গ্যাস বাহির হইতেছে না বা পারদও নলের ভিতর প্রবেশ করিতেছে না। ইহা

হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের আয়তনিক সংযুতি

হইতে বুঝা যায় যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় নাই অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযুক্ত আয়তনই হইল হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন। অনুরূপভাবে কাচ নলের একপ্রান্ত জল পাত্রে ডুবাইয়া ছিপিটি খুলিয়া দিলে দেখা যাইবে যে, জল ভিতরে প্রবেশ করিয়া নলটি সম্পূর্ণ পূর্ণ করিয়া ফেলিয়াছে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, নলের সম্পূর্ণ গ্যাসই হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসে পরিণত হইয়াছে। কারণ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে দ্রাব্য কিন্তু হাইড্রোজেন জলে অদ্রাব্য। পরীক্ষার দ্বারা আরও দেখা যায় যে, এই দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে, সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণের সহিত সাদা অধঃক্ষেপ (precipitate) সৃষ্টি করে। এই সাদা অধঃক্ষেপ এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে দ্রবীভূত হয় কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিডেতে অদ্রবীভূত থাকে। সুতরাং উৎপন্ন গ্যাসটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস। উপরন্তু উৎপন্ন দ্রবণটি পটাশিয়াম আয়োডাইড (KI) দ্রবণ হইতে আয়োডিনকে মুক্ত করে না। সুতরাং দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস নাই।

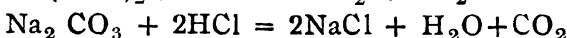
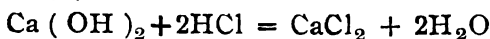
সিদ্ধান্ত :—এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন গ্যাস মিলিত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

অর্থাৎ 1 c.c. হাইড্রোজেন + 1 c.c. ক্লোরিন = 2 c.c. হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস। এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী ধরা যাক্ সম চাপ ও তাপে 1 c.c. সকল গ্যাসেই n সংখ্যক অণু আছে। তাহা হইলে,

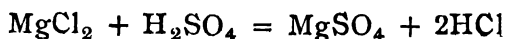
$2n$ অণু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস $= n$ অণু হাইড্রোজেন $+ n$ অণু ক্লোরিন
বা 2 অণু " " " $= 1$ অণু " $+ 1$ অণু "
বা 1 অণু " " " $= \frac{1}{2}$ অণু " $+ \frac{1}{2}$ অণু "
বা 1 অণু " " " $= 1$ পরমাণু " $+ 1$ পরমাণু "
[কারণ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন দ্বি-পরমাণুক]

সুতরাং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংযুতি হইল $(HCl)x$
পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বাষ্প ঘনত্ব $= 18{\cdot}23$
সুতরাং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 18{\cdot}23 = 36{\cdot}46$
অতএব $(HCl)\,x = 36{\cdot}46$ বা $(1 + 35{\cdot}96)\,x = 36{\cdot}46 \quad \therefore \quad x = 1$
সুতরাং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত হইল HCl।

ক্লোরাইড (Chloride) :—হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে একটিমাত্র প্রতিস্থাপনীয় (replaceable) হাইড্রোজেন আছে। সুতরাং কোন ধাতুর দ্বারা এই হাইড্রোজেনটি প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণটি (salt) উৎপন্ন হয় তাহাকে **ক্লোরাইড (Chloride)** বলে। এই এ্যাসিডে একটিমাত্র প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকায় একই শ্রেণীর লবণ অর্থাৎ শমিত লবণ (neutral salt) উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সহিত ধাতু, ধাতুর অক্সাইড বা কার্বনেটের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$$
$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$

উত্তপ্ত ধাতুর উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলেও ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

সিলভার ক্লোরাইড ($AgCl$), মারকিউরাস ক্লোরাইড (Hg_2Cl_2) ও লেড ক্লোরাইড ($PbCl_2$) ব্যতীত অন্যান্য ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হয়। কোন ক্লোরাইডের সহিত গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলেই হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নির্গত হয়।

$$MgCl_2 + H_2SO_4 = MgSO_4 + 2HCl$$

ক্লোরিন
(Chlorine)

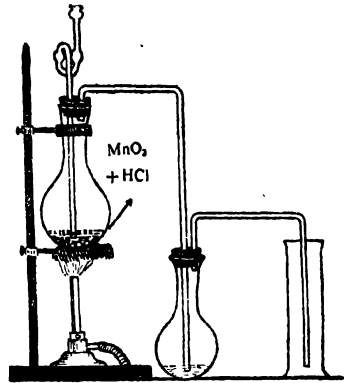
আণবিক সংকেত—Cl_2 পারমাণবিক গুরুত্ব—$35{\cdot}46$ যোজ্যতা—1

ইতিহাস (History) :—১৭৭৪ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী শীলি সর্বপ্রথম ক্লোরিন আবিষ্কার করেন। ১৮১০ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ডেভি ইহার মৌলিকত্ব প্রমাণ করেন এবং ইহার ফিকা সবুজ রঙের জন্য ইহার নামকরণ হয় ক্লোরিন।

অবস্থান (Occurrence) :—ক্লোরিন মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে মৌলরূপে পাওয়া যায় না। ইহার প্রধান উৎস হইল ক্লোরাইড লবণ। সাধারণ লবণ (NaCl), পটাশিয়াম ক্লোরাইড (KCl) প্রভৃতি অধাতুর ক্লোরাইড ইহার উৎস।

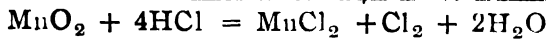
ক্লোরিন প্রস্তুতি :
(Preparation of Chlorine)

হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডকে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2), বায়ু, পটাশ পার্ম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$), নাইট্রিক এ্যাসিড (HNO_3) প্রভৃতির দ্বারা জারিত করিয়া ক্লোরিন প্রস্তুত হয়। হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডকে তড়িদ-বিশ্লেষণ দ্বারাও ইহা প্রস্তুত করা যায়।

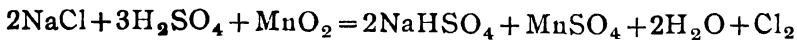
১। **রসায়নাগার পদ্ধতি (Laboratory process)** :—একটি ফ্লাস্কে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড চূর্ণ লইয়া উহার মুখ দীর্ঘ নল ফানেল (thistle funnel) ও নির্গম নল যুক্ত একটি ছিপির দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল। নির্গম নলটির অপর প্রান্ত একটি কর্ক আঁটা জলপূর্ণ ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করান হইল। জলপূর্ণ ফ্লাস্কের কর্কে আর একটি নির্গম নল প্রবেশ করাইয়া নলের অপর প্রান্ত একটি শূণ্য গ্যাসজারের মধ্যে স্থাপন করা হইল। এখন দীর্ঘ নল দিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড ঢালা হইল যাহাতে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের গুঁড়া এ্যাসিডের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। এইবার ফ্লাস্কটিকে একটি তারজালির উপর বসাইয়া সামান্য তাপ দেওয়া হইল। ফলে সবুজ আভাযুক্ত হলুদ বর্ণের (greenish yellow) ক্লোরিন গ্যাস বাহির হইতে লাগিল। এই গ্যাসের সহিত কিছু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাসও নির্গত হয়। উৎপন্ন গ্যাস-দুইটি জলপূর্ণ ফ্লাস্কে দ্রবীভূত হয় কিন্তু ক্লোরিনের দ্রাব্যতা খুব কম বলিয়া উহা শীঘ্রই সংপৃক্ত হইয়া চলিয়া যায় এবং বায়ুর ঊর্দ্ধাপসারণ দ্বারা গ্যাস জারে সঞ্চিত হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়াটি সম্ভবত দুইটি ধাপে সংগঠিত হয়।

রসায়নাগারে ক্লোরিন প্রস্তুতি

প্রথমে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ার

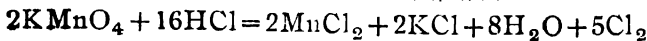
ফলে ম্যাঙ্গানীজ টেট্রাক্লোরাইড ($MnCl_4$) উৎপন্ন হয়। ম্যাঙ্গানীজ টেট্রাক্লোরাইড ($MnCl_4$) তাপে বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_4 + 2H_2O$$
$$MnCl_4 = MnCl_2 + Cl_2$$
$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাসকে পারদের উপর বা শীতল জলের উপব সংগ্রহ করা যায় না, কারণ পারদ ক্লোরিন দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং ক্লোরিন শীতল জলে খুব দ্রাব্য। কিন্তু ইহা গরম জলে বা গাঢ় লবণ জলের উপর সংগ্রহ করা যায়।

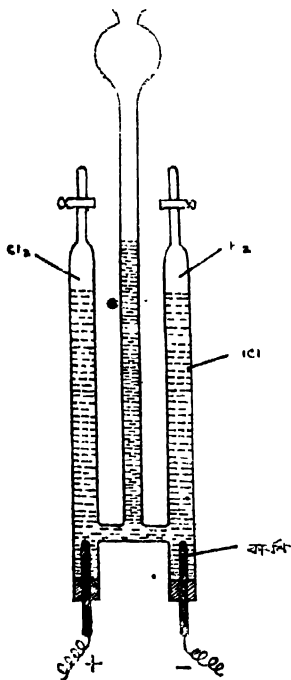
২। হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের পরিবর্তে হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড উৎপাদনকারী কোন ধাতব ক্লোরাইড, ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলেও ক্লোরিন গ্যাস পাওয়া যায়।

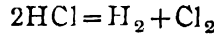
$$2NaCl + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2$$

৩। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে পটাশিয়াম পার্ম্যাঙ্গানেট লইয়া সাধারণ উষ্ণতায় অতি সহজেই ক্লোরিণ গ্যাস প্রস্তুত করা যায়।

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O + 5Cl_2$$

বিদ্যুৎ বিশ্লেষণে ক্লোরিন প্রস্তুতি

একটি শঙ্কু-আকৃতি ফ্লাস্কে (conical flask) কিছু পটাশিয়াম পার্ম্যাঙ্গানেট দানা লইয়া উহাতে দীর্ঘ নলের (thistle funnel) সাহায্যে ফোঁটা ফোঁটা হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড ফেলিলে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হইবে।

৪। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দ্রবণ বিদ্যুৎ দ্বারা বিশ্লিষ্ট (electrolysis) হইলে ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়। [লঘু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড বিদ্যুৎ বিশ্লেষণ করিলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস পাওয়া যায়।]

তিনটি পরস্পরযুক্ত কাচের বাহুবিশিষ্ট একটি যন্ত্র লওয়া হয় ইহাকে ভল্টামিটার (voltameter) বলে। পাশের নল দুইটি পরস্পর সমান এবং ইহাদের গায়ে আয়তন মাপিবার জন্য দাগ কাটা থাকে। বাহু দুইটির মাথায় দুইটি স্টপকক্ (stopcock) থাকে এবং নীচের দিকে দুইটি কার্বন তড়িৎ দ্বার (carbon electrodes) থাকে।

মধ্য বাহুর উপরে একটি বাল্ব (bulb) থাকে। এখন বাল্বে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দ্রবণ ঢালা হইল যাহাতে দুই বাহু সম্পূর্ণরূপে ভর্তি হইয়া মধ্য বাহুতে যথেষ্ট এ্যাসিড থাকে। এইবার স্টপকক্ দুইটি বন্ধ করিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহ চালাইয়া দিলে তরল এ্যাসিড বিশ্লেষিত হইয়া পজিটিভ বিদ্যুৎদ্বারে (positive electrode) ক্লোরিন গ্যাস ও নেগেটিভ বিদ্যুৎ দ্বারে (negative electrode) হাইড্রোজেন গ্যাস জমা হইবে।

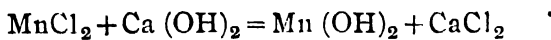
$$2HCl = H_2 + Cl_2$$

ক্লোরিন গ্যাস হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে অল্প পরিমাণ দ্রবীভূত হয় বলিয়া প্রথম অবস্থায় ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই কিছুটা পরিমাণ এ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া যায়। সেইজন্য রাসায়নিক বিক্রিয়া অনুযায়ী হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হওয়ার ফলে সম আয়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন উৎপন্ন হওয়া সত্ত্বেও হাইড্রোজেনের তুলনায় নলে সঞ্চিত ক্লোরিনের পরিমাণ কম হয়।

ক্লোরিনের শিল্প প্রস্তুতি ঃ
(Manufacture of Chlorine)

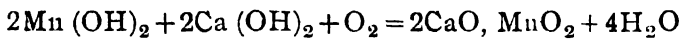
ওয়েলডন পদ্ধতি (Weldon Process) ঃ—এই পদ্ধতিটিতে রসায়নাগার পদ্ধতির ন্যায় ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন প্রস্তুত হয়। কিন্তু এই পদ্ধতির বৈশিষ্ট্য হইল ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড পুনরুদ্ধার অর্থাৎ একই ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড বারবার জারক পদার্থরূপে ব্যবহার করা যায়। প্রথমে বৃহৎ পাথরের পাত্রে (stone still) ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) বা খনিজ পাইরোলুসাইট (pyrolusite—ইহার মধ্যে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও লোহার অক্সাইড থাকে) ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড লওয়া হয় এবং পাত্রের তলদেশ হইতে স্টীম প্রবেশ করাইয়া উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন উদ্ভূত হয়।

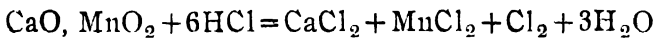
$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

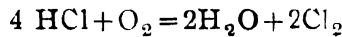
পরিত্যক্ত ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইডকে লৌহ পাত্রে চূণ গোলার সহিত মিশ্রিত করিয়া স্টীমদ্বারা 60°C-তে উত্তপ্ত করা হয় ও মিশ্রণে অধিক চাপে বায়ু প্রেরণ করা হয়। ফলে ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড চূণ দ্বারা ম্যাঙ্গানাস হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।

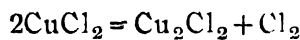
$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$

এই ম্যাঙ্গানাস হাইড্রক্সাইড বায়ু দ্বারা জারিত হইয়া ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। ইহা অতিরিক্ত চূণজলের সহিত মিশ্রিত হইয়া ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানাইট

(CaO, MnO_2) গঠন করে। ইহা পাত্রের নীচে কালো কাদার মত পড়িয়া থাকে। ইহাকে **ওয়েলডন কাদা** (**Weldon mud**) বলে।

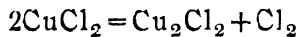
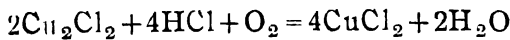
$$2Mn(OH)_2 + 2Ca(OH)_2 + O_2 = 2CaO, MnO_2 + 4H_2O$$

ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য নূতন ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড বা পাইরোলুসাইটের পরিবর্তে এই কালো কাদাটি ব্যবহৃত হয়। এই কাদা হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডকে জারিত করে। অতএব সামান্য ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করিয়া অনবরত ক্লোরিন উৎপন্ন করা হয়।

$$CaO, MnO_2 + 6HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + Cl_2 + 3H_2O$$

ডিকন পদ্ধতি (**Deacon's Process**) :—এই পদ্ধতিতে বায়ুতে অক্সিজেন দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন প্রস্তুত হয়।

$$4\,HCl + O_2 = 2H_2O + 2Cl_2$$

কিন্তু এইরূপে প্রাপ্ত ক্লোরিনের পরিমাণ খুব অল্প বলিয়া প্রভাবকের প্রয়োজন হয়। বিজ্ঞানী ডিকন (Deacon) প্রভাবকরূপে কিউপ্রিক ক্লোরাইড ($CuCl_2$) ব্যবহার করেন। প্রথমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস ও বায়ুর একটি মিশ্রণকে 200°C উত্তপ্ত একটি লৌহ নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া 450°C তে রক্ষিত একটি বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে পাঠান হয়। এই প্রকোষ্ঠে কিউপ্রিক ক্লোরাইড ($CuCl_2$) দ্রবণ সিক্ত ঝামা-ইটের টুকরা থাকে। এই উষ্ণতায় কিউপ্রিক ক্লোরাইড ভাঙ্গিয়া কিউপ্রাস ক্লোরাইডে (Cu_2Cl_2) পরিণত হয় এবং সেই সঙ্গে মুক্ত ক্লোরিন নির্গত হয়।

$$2CuCl_2 = Cu_2Cl_2 + Cl_2$$

এই কিউপ্রাস ক্লোরাইড বায়ুর অক্সিজেনের সহায়তায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ক্লোরিন কাড়িয়া লইয়া কিউপ্রিক ক্লোরাইডে পরিণত হয়। এই কিউপ্রিক ক্লোরাইড পুনরায় কিউপ্রাস ক্লোরাইডে পরিণত হইয়া ক্লোরিন মুক্ত করিয়া দেয়।

$$2Cu_2Cl_2 + 4HCl + O_2 = 4CuCl_2 + 2H_2O$$

$$2CuCl_2 = Cu_2Cl_2 + Cl_2$$

এই বিক্রিয়াটি অবিরাম চলিতে থাকে এবং প্রায় 60% ক্লোরিন পাওয়া যায়। উদ্ভূত ক্লোরিন গ্যাসকে একটি স্তম্ভে জল দ্বারা ধৌত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস হইতে মুক্ত করা হয়। ইহার পর ক্লোরিন গ্যাসকে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করা হয়। কিন্তু উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে প্রচুর পরিমাণে বায়ুর নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। ওয়েলডন পদ্ধতি অপেক্ষা ডিকন পদ্ধতিতে খরচা কম হয় বলিয়া আগে এই পদ্ধতির প্রচলন বেশী ছিল। বর্তমান যুগে সোডিয়াম

ক্লোরাইডের দ্রবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ (electrolysis) দ্বারা কষ্টিকসোডা প্রস্তুত কালে, অথবা গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের বিদ্যুৎ বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন কালে অতিরিক্ত উপজাত (bye-product) পদার্থ হিসাবে প্রচুর ক্লোরিন পাওয়া যায় বলিয়া বর্তমানে ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য আর কোন শিল্প পদ্ধতির প্রয়োজন নাই।

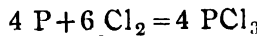
ক্লোরিনের ধর্ম :

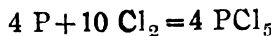
(Properties of Chlorine)

ভৌত-ধর্ম (Physical Properties) :—ক্লোরিন হরিতাভ পীতবর্ণের (greenish yellow) তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধবিশিষ্ট বিষাক্ত গ্যাস। ইহা শ্বাস লইলে নাক ও গলা জ্বালা করে এবং অতিরিক্ত শ্বাস গ্রহণ করিলে মৃত্যু পর্যন্ত ঘটিতে পারে। ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় আড়াই গুণ ভারী। ক্লোরিন জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণকে **ক্লোরিন ওয়াটার (Chlorine water)** বলে। অতিরিক্ত চাপে এবং শৈত্যের প্রভাবে ক্লোরিনকে প্রথমে তরলে এবং পরে কঠিনে পরিণত করা যায়।

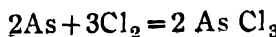
রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—ক্লোরিন অত্যধিক সক্রিয় মৌল (active element)। কার্বন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস সমূহ ব্যতীত ইহা অধিকাংশ মৌলের সহিত প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে সংযুক্ত হইয়া ক্লোরাইড গঠন করে। ক্লোরিন গ্যাস নিজে জ্বলে না কিন্তু ইহা দহনের সহায়ক (supporter of combustion)।

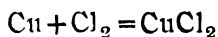
পরীক্ষা :—১। একটি প্রজ্বলন চামচে (deflagrating spoon) কিছু শ্বেত ফসফরাস লইয়া চামচটি ক্লোরিন গ্যাসপূর্ণ জারে প্রবেশ করাইলে ফসফরাস সাদা ধূম উদ্‌গীরণ করিয়া জ্বলিতে থাকিবে।

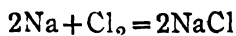
$$4\,P + 6\,Cl_2 = 4\,PCl_3$$

অতিরিক্ত ক্লোরিন থাকিলে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড উৎপন্ন হইবে।

$$4\,P + 10\,Cl_2 = 4\,PCl_5$$

প্রায় সমস্ত ধাতুই ক্লোরিনের সহিত প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হয়।

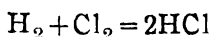
২। ক্লোরিন গ্যাসপূর্ণ জারে এ্যান্টিমনী (Sb), বিসমাথ (Bi) বা আর্সেনিক (As) গুঁড়া নিক্ষেপ করিলে প্রত্যেক কণা গ্যাসে পড়িবামাত্র স্বতঃই জ্বলিয়া উঠে এবং চারিদিকে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$2As + 3Cl_2 = 2\,As\,Cl_3$$

৩। **একটি পাতলা তামার পাত ঈষৎ উত্তপ্ত করিয়া** ক্লোরিন গ্যাসে নিক্ষেপ করিলে, **পাতটি গ্যাসের মধ্যে স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে জ্বলিতে থাকিবে।**

$$Cu+Cl_2=CuCl_2$$

৪। **একটি নলে** সোডিয়াম উত্তপ্ত অবস্থায় রাখিয়া ইহার মধ্য দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে সোডিয়াম উজ্জ্বল হলুদ বর্ণের শিখায় জ্বলিতে থাকিবে।

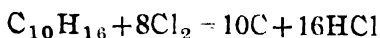
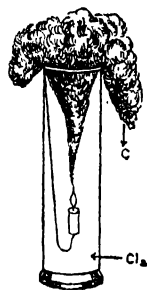
$$2Na+Cl_2=2NaCl$$

হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের আসক্তি (affinity) খুব বেশী। ইহা অতি সহজেই মৌল হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করিতে পারে এবং হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগিক পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন টানিয়া লইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

পরীক্ষা:—১। হাইড্রোজেনের একটি জ্বলন্ত শিখা ক্লোরিন পূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকিবে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হইবে।

$$H_2+Cl_2=2HCl$$

২। সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস মিশ্রিত করিয়া অন্ধকারে রাখিয়া দিলে কোন ক্রিয়া হয় না, কিন্তু মৃদু আলোতে ইহারা ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হইতে থাকে এবং সূর্যালোকে বিস্ফোরণের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়।

৩। ক্লোরিন জারে একটি জ্বলন্ত মোমবাতি নামাইলে বাতিটি প্রচুর কালো ধূম উদ্গীরণ করিয়া জ্বলিতে থাকিবে।

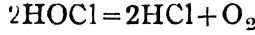
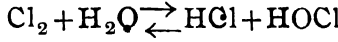
৪। তার্পিন-তৈল ($C_{10}H_{16}$) সিক্ত এক টুকরা ফিল্টার কাগজ ক্লোরিনপূর্ণ জারে নিক্ষেপ করিলে কাগজটি জ্বলিয়া উঠিবে এবং জারটি কালো ধোঁয়ায় পূর্ণ হইবে।

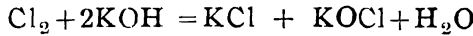
$$C_{10}H_{16}+8Cl_2=10C+16HCl$$

ইহার কারণ মোমবাতি ও তার্পিন তৈল কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগ। ক্লোরিন ইহাদের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের গ্যাস উৎপন্ন করে এবং কার্বন ঝুলের (soot) আকারে জারের গায়ে জমে।

ক্লোরিন গ্যাসে জ্বলন্ত মোমবাতির দহন

ক্লোরিন গ্যাসে সংপৃক্ত জল হিমশীতল করিলে উহা হইতে ক্লোরিন হাইড্রেট ($Cl_2, 8H_2O$) দানা কেলাসিত হয়। এই দানা উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়। সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিন জলে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড ও

হাইপোক্লোরাস এ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়। **উজ্জ্বল** সূর্য্যকিরণে **হাইপোক্লোরাস** এ্যাসিড ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়।

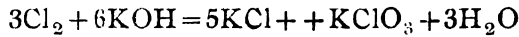
$$Cl_2+H_2O \rightleftarrows HCl+HOCl$$

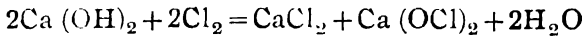
$$2HOCl=2HCl+O_2$$

শীতল ও লঘু ক্ষার যথা, কষ্টিক সোডা, কষ্টিক পটাশের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়।

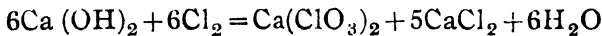
$$Cl_2+2KOH=KCl+KOCl+H_2O$$

কিন্তু **অতিরিক্ত ক্লোরিন গ্যাসে উষ্ণ ক্ষারের** সহিত বিক্রিয়ায় প্রথমে ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়; পরে এই হাইপোক্লোরাইট তাপে বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্লোরেটে পরিণত হয়।

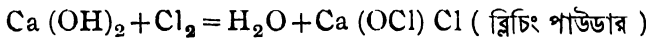
$$3Cl_2+6KOH=3KCl+3KOCl+3H_2O$$

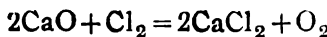
$$3KOCl=2KCl+KClO_3$$

$$3Cl_2+6KOH=5KCl++KClO_3+3H_2O$$

অতিরিক্ত শীতল ও লঘু চূণজলের মধ্য দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়।

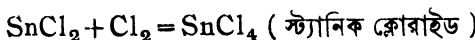
$$2Ca(OH)_2+2Cl_2=CaCl_2+Ca(OCl)_2+2H_2O$$

কিন্তু অতিরিক্ত ক্লোরিন গরম চূণ গোলার (milk of lime) মধ্যে প্রবাহিত করিলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরেট উৎপন্ন হয়।

$$6Ca(OH)_2+6Cl_2=Ca(ClO_3)_2+5CaCl_2+6H_2O$$

40°C উষ্ণতায় রক্ষিত শুষ্ক কলিচূণের (slaked lime) মধ্য দিয়া ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে ব্লিচিং পাউডার (bleaching powder) পরিণত হয়।

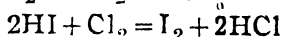
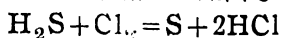
$Ca(OH)_2+Cl_2=H_2O+Ca(OCl)Cl$ (ব্লিচিং পাউডার)

লোহিত তপ্ত চূণের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়ার ফলে অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$2CaO+Cl_2=2CaCl_2+O_2$$

ক্লোরিন একটি উত্তম **জারক পদার্থ** (oxidising agent) সেইজন্য ক্লোরিন গ্যাসে স্ট্যানাস ও ফেরাস লবণ জারিত হইয়া স্ট্যানিক ও ফেরিক লবণে পরিণত হয়।

$SnCl_2+Cl_2=SnCl_4$ (স্ট্যানিক ক্লোরাইড)

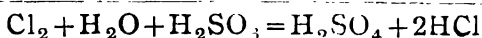
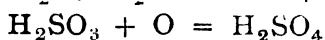
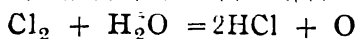
$2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড)

এই ক্ষেত্রে তড়িৎ-ঋণাত্মক (electro-negative) পরমাণু ক্লোরিন যুক্ত হইল।

সেইরূপ হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস (H_2S), হাইড্রোআয়োডিক এ্যাসিডকে (HI) জারিত করিয়া সালফার ও আয়োডিন অধঃক্ষিপ্ত করে।

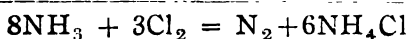
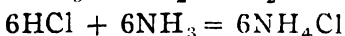
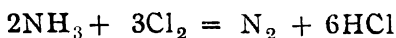
$$H_2S + Cl_2 = S + 2HCl$$
$$2HI + Cl_2 = I_2 + 2HCl$$

এইক্ষেত্রে তড়িৎ-ধণাত্মক (electro-positive) পরমাণু হাইড্রোজেন অপসারিত হইল।

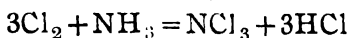
জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিন অন্য পদার্থে অক্‌সিজেন যুক্ত করিয়া জারিত করে। ইহার কারণ জল বা জলীয় বাষ্পের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ক্লোরিন জায়মান অক্‌সিজেন (nascent oxygen) উৎপন্ন করে। এই জায়মান অক্‌সিজেন অন্য পদার্থকে জারিত করে। যেমন সালফিউরাস এ্যাসিড (H_2SO_3) ক্লোরিনের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সালফিউরিক এ্যাসিডে পরিণত হয়।

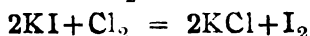
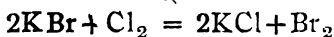
$$Cl_2 + H_2O = 2HCl + O$$
$$H_2SO_3 + O = H_2SO_4$$

$$Cl_2 + H_2O + H_2SO_3 = H_2SO_4 + 2HCl$$

ক্লোরিন এ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রোজেন গঠন করে।

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$
$$6HCl + 6NH_3 = 6NH_4Cl$$

$$8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl$$

কিন্তু অতিরিক্ত মাত্রায় ক্লোরিন বর্তমান থাকিলে নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড (NCl_3) নামক বিস্ফোরক পদার্থ উৎপন্ন হয়।

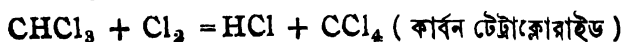
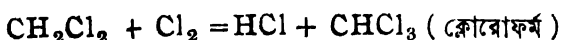
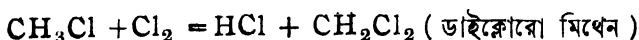
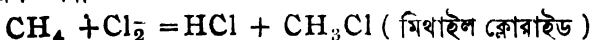
$$3Cl_2 + NH_3 = NCl_3 + 3HCl$$

ক্লোরিন পটাশিয়াম ব্রোমাইড (KBr) ও পটাশিয়াম আয়োডাইড (KI) দ্রবণ হইতে যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত করে।

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$
$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

জৈব যৌগের (organic compound) সহিত বিক্রিয়ায় কয়েকটি ক্ষেত্রে ক্লোরিন জৈব যৌগের হাইড্রোজেন পরপর প্রতিস্থাপিত করিয়া বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করিতে পারে। যথা—

$CH_4 + Cl_2 = HCl + CH_3Cl$ (মিথাইল ক্লোরাইড)

$CH_3Cl + Cl_2 = HCl + CH_2Cl_2$ (ডাইক্লোরো মিথেন)

$CH_2Cl_2 + Cl_2 = HCl + CHCl_3$ (ক্লোরোফর্ম)

$CHCl_3 + Cl_2 = HCl + CCl_4$ (কার্বন টেট্রাক্লোরাইড)

ক্লোরিনের প্রবল জারণ ক্ষমতা থাকার জন্য বিরঞ্জন (bleaching) ক্ষমতাও আছে। অর্থাৎ **আর্দ্রতার** (moisture) **উপস্থিতিতে** ক্লোরিন গ্যাস উদ্ভিজ্জ রঙিন দ্রব্যকে বর্ণহীন করিতে পারে। কিন্তু **শুষ্ক অবস্থায়** ক্লোরিনের বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। ক্লোরিনের বিরঞ্জণ ক্রিয়াও প্রকৃতপক্ষে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের (H_2O_2) বিরঞ্জনের ন্যায় জায়মান অক্সিজেন দ্বারাই হইয়া থাকে। ক্লোরিন যে পদার্থকে বিরঞ্জিত করে, তাহার জলীয় অংশের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জায়মান অক্সিজেন (nascent oxygen) উৎপন্ন হয়, এই জায়মান অক্সিজেন রঙিন পদার্থকে জারিত করিয়া বিরঞ্জিত করে। এইজন্য শুষ্ক রঞ্জিত পদার্থকে শুষ্ক ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত করা যায় না।

পরীক্ষা :—কতকগুলি গ্যাস জার শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হইল। এক একটি জারে শুষ্ক লাল ফুল, নীল লিটমাস, নীল ফুল নিক্ষেপ করা হইল। দেখা যাইবে কোন দ্রব্যই বিরঞ্জিত হইল না।

এইবার অন্য জারগুলিতে একটি ভিজা লাল ফুল, ভিজা নীল ফুল, একটি আর্দ্র লীটমাস কাগজ নিক্ষেপ করা হইল। দেখা গেল, প্রত্যেকটি দ্রব্যই বিরঞ্জিত হইয়াছে। মনে রাখিতে হইবে যে, **পেন্সিল ও ছাপা কালির দাগ ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত হয় না।** তাহার কারণ পেন্সিল ও ছাপা কালিতে কার্বন থাকে এবং ক্লোরিনের সহিত কার্বনের বিক্রিয়া হয় না।

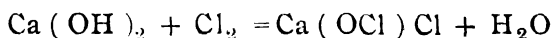
ক্লোরিনের ব্যবহার (Uses of Chlorine) :—ক্লোরিন কাগজ, বস্ত্র ও পেট্রোলিয়াম শিল্পে বিরঞ্জক (bleaching agent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। জলের বিজানুনাশক ও এ্যান্টিসেপটিক (antiseptic) হিসাবে ব্যবহৃত হয় ; সোনার নিষ্কাশন কার্যেও ইহা ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া ব্লিচিং পাউডার, ক্লোরোফর্ম (chloroform), বিভিন্ন ধাতুর ক্লোরেট, ক্লোরাইড, হাইপোক্লোরাইট এবং নানাপ্রকার বিষাক্ত গ্যাস (mustard gas, Phosgene gas, chloropicrin gas) প্রভৃতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

নিরীক্ষণ (Tests) :—ক্লোরিনকে ইহার হরিতাভ পীত (greenish yellow) বর্ণ, শ্বাস-রোধী গন্ধ এবং বিরঞ্জন ধর্ম দ্বারা চিনিতে পারা যায়।

স্টার্চ যুক্ত পটাশিয়াম আয়োডাইড কাগজ (potassium iodide starch paper) ক্লোরিন গ্যাসে নীল বর্ণ হয়। তাহার কারণ পটাশিয়াম আয়োডাইড হইতে মুক্ত আয়োডিন স্টার্চকে নীলবর্ণ করে।

ব্লিচিং পাউডার ঃ
(Bleaching Powder)

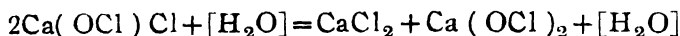
40°C উষ্ণতায় শুষ্ক কলিচূণের সহিত ক্লোরিনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুত হয়।

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

একসারি কয়েকটি সীসার বায়ু নিরুদ্ধ প্রকোষ্ঠের মেঝেতে শুষ্ক কলিচূণ ছড়াইয়া রাখা হয়। প্রত্যেক প্রকোষ্ঠের তলদেশ কংক্রীট করা থাকে এবং কংক্রীটের ভিতর দিয়া কয়েকটি নল লাগানো থাকে। এই নলের ভিতর দিয়া শীতল জলধারা প্রবাহিত করিয়া প্রকোষ্ঠের উষ্ণতা 40°C নির্দিষ্ট করা হয়। এখন শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস হইতে মুক্ত করিয়া সামান্য বায়ুর সহিত সীসার প্রকোষ্ঠে প্রেরণ করা হয়। প্রথমে ক্লোরিন কলিচূণ দ্বারা দ্রুত শোষিত হয়। কলিচূণের শোষন ক্ষমতা কমিয়া যাইলে আলোড়ক দ্বারা কলিচূণকে আলোড়িত করা হয়। ইহার জন্য প্রকোষ্ঠের মাঝে মাঝে কাঠের আলোড়ক (stirrer) থাকে। এইভাবে প্রায় 24 ঘণ্টা ক্লোরিন প্রবাহিত হইবার পর ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুত হয়। ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুত হইবার পর সীসার প্রকোষ্ঠে বায়ু চালনা করা হয় এবং আরও কিছু কলিচূণের গুঁড়া মেঝেতে ছড়াইয়া দেওয়া হয়। এইভাবে উদ্বৃত্ত ক্লোরিন প্রকোষ্ঠ হইতে অপসারিত হয়।

ব্লিচিং পাউডার সাদা অনিয়তাকার পদার্থ। ইহাতে ক্লোরিনের তীব্র গন্ধ পাওয়া যায়। ব্লিচিং পাউডার ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড—$CaCl_2$ নহে ক্যালসিয়াম হাইপো-ক্লোরাইটও $Ca(OCl)_2$ নহে। ইহা উভয়ের মধ্যবর্তী একটি লবণ এবং ইহার আণবিক সংকেত হইল $Ca(OCl)Cl$।

ইহা বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিলে ক্রমাগত ক্লোরিন নির্গত হইতে থাকে। ইহা জলীয় বাষ্প শোষণ করে, কিন্তু উদগ্রাহী (deliquescent) নহে।

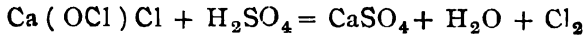
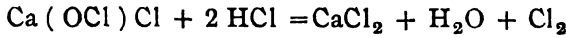
ব্লিচিং পাউডার জলে আংশিক দ্রাব্য। জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন করে।

$$2Ca(OCl)Cl + [H_2O] = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + [H_2O]$$

অতি লঘু এ্যাসিডের (very dilute acids) সংস্পর্শে ইহা হইতে হাইপোক্লোরাস এ্যাসিড (HOCl) পাওয়া যায়।

$$Ca(OCl)Cl + HCl = CaCl_2 + HOCl$$

কিন্তু সাধারণ লঘু এ্যাসিডের সংস্পর্শে ক্লোরিন গ্যাস পাওয়া যায়।

$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + Cl_2$$

$$Ca(OCl)Cl + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + Cl_2$$

বায়ুতে রাখিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্লোরিন গ্যাস ত্যাগ করে।

$$Ca(OCl)Cl + CO_2 = CaCO_3 + Cl_2$$

বীজাণুনাশক হিসাবে, জলকে বীজাণু শূন্য করিতে, ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$) প্রস্তুতে ব্লিচিং পাউডার ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া বিরঞ্জক (bleaching agent) হিসাবে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

বিরঞ্জন (Bleaching) :—কার্পাসজাত বস্ত্রাদি প্রথম অবস্থায় খুব সাদা থাকে না, ঈষৎ পীতাভ থাকে। সেইজন্য বস্ত্রকে বিরঞ্জন (bleach) করার প্রয়োজন হয়। কিন্তু কার্পাসজাত বস্ত্রের উপর ট্যানিন (tanin) ও মোম জাতীয় যে সমস্ত পদার্থ আছে তাহা দূরীভূত না করিলে বস্ত্রের সমস্ত অংশ সমান ভাবে বিরঞ্জিত হয় না। সেইজন্য প্রথমে বস্ত্রগুলিকে পাতলা কষ্টিক সোডা (NaOH) দ্রবণে ফুটাইয়া জল দ্বারা ভালভাবে ধৌত করিয়া লইতে হয়, ফলে কাপড়ের তৈলাক্ত পদার্থ দূরীভূত হয়, ইহার পর বস্ত্রগুলিকে পাতলা শীতল ব্লিচিং পাউডার দ্রবণে ডুবাইয়া পরে কাপড়কে লঘু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে ডুবাইয়া জল দ্বারা ধুইয়া ফেলিতে হয়। ব্লিচিং পাউডার হইতে উত্থিত ক্লোরিন কাপড়কে বিরঞ্জিত করে। এখন অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করিবার জন্য কাপড়গুলিকে সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) দ্রবণে ডুবাইয়া লঘু সোডিয়াম থায়োসালফেট (হাইপো, Hypo-solution) দ্রবণে ডুবাইয়া জলে ধুইয়া লইতে হয়।

রেশম ও পশম দ্রব্য ব্লিচিং পাউডার দ্বারা আক্রান্ত হয় বলিয়া ইহাদের ক্ষেত্রে ব্লিচিং পাউডার দ্বারা বিরঞ্জিত করা হয় না।

হ্যালোজেন পরিবার :
(Halogen family)

১০ম অধ্যায়ে বর্ণনা করা হইয়াছে যে, নাইট্রোজেন, ফসফরাস, আর্সেনিক, বিসমাথ ও এ্যান্টিমনী এই পাঁচটি মৌলের মধ্যে তাহাদের ধর্মের অনেক সাদৃশ্য আছে এবং কিছু কিছু বিসাদৃশ্যও আছে। সেইজন্য এই মৌল পাঁচটিকে একটি পরিবারের অন্তর্ভুক্ত করা হয়। সেইরূপ ফ্লোরিন (fluorine), ক্লোরিন (chlorine), ব্রোমিন (bromine) ও আয়োডিন (iodine) এই চারিটি মৌলের মধ্যে ধর্মের অনেক সাদৃশ্য আছে সেইজন্য এই মৌল চারিটিকে একই পরিবারের সভ্যরূপে ধরা [illegible] এই পরিবারকে হ্যালোজেন-পরিবার [illegible]

পর্য্যায় সারণীতে (Periodic Table) সপ্তম শ্রেণীর (Seventh Group) অন্তর্ভুক্ত। হ্যালোজেন একটি গ্রীক শব্দ ইহার অর্থ হইল সামুদ্রিক লবণ প্রস্তুতকারী [Greek : Hals—Sea salt ; genas—to produce]।

সমুদ্রজলকে বাষ্পীভূত করিয়া যে লবণগুলি পাওয়া যায়, উহাদের মধ্যে ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন-জাত লবণ প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় বলিয়া ইহার এরূপ নামকরণ করা হইয়াছে।

হ্যালোজেন পরিবারের মৌলগুলির ভৌত (physical) ও রাসায়নিক ধর্ম (chemical properties) পর্য্যালোচনা করিলে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি লক্ষ্য করা যায় :—

১। এই পরিবারের প্রত্যেকটি সভ্যই প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় মৌলরূপে থাকে না, থাকে একই ধরণের যৌগরূপে।

২। ইহাদের প্রত্যেকের এক একটি বিশিষ্ট রং এবং তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধ আছে। ইহারা প্রত্যেকেই খুব বিষাক্ত এবং ইহাদের গ্যাসীয় অবস্থায় শ্বাস গ্রহণ করিলে মৃত্যু পর্য্যন্ত ঘটিতে পারে।

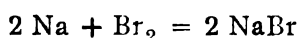
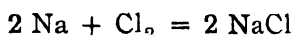
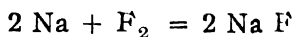
৩। ইহাদের প্রত্যেকেরই যোজ্যতা (valency) এক।

৪। ইহারা প্রত্যেকেই অধাতু এবং অত্যধিক সক্রিয়। কার্বন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন ব্যতীত প্রায় সকল মৌলিক পদার্থের সহিত ইহারা প্রত্যক্ষভাবে (directly) সংযুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করে। ফ্লোরিনের যৌগকে ফ্লোরাইড, ক্লোরিনের যৌগকে ক্লোরাইড, ব্রোমিনের যৌগকে ব্রোমাইড ও আয়োডিনের যৌগকে আয়োডাইড বলা হয়। ইহাদের একত্রে বলা হয় হ্যালাইড (Halide)। ইহাদের সাধারণ সংকেত হইল MX ; M যে কোন মৌল, এবং X হইল হ্যালোজেন মৌল। যেমন,

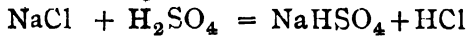
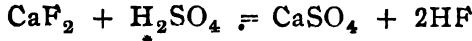
$$2\,Na + F_2 = 2\,NaF$$

$$2\,Na + Cl_2 = 2\,NaCl$$

$$2\,Na + Br_2 = 2\,NaBr$$

$$2\,Na + I_2 = 2\,NaI$$

৫। ইহারা প্রত্যেকেই হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া তীব্র হাইড্রাসিড (hydracids) উৎপন্ন করে। এই হাইড্রাসিডকে হ্যালোজেন এ্যাসিড (Halogen acids) বলা হয় এবং ইহাদের সাধারণ সংকেত (formula) হইল HX (X = হ্যালোজেন মৌল) এই এ্যাসিডগুলি প্রত্যেকটিই বর্ণহীন এবং জলে দ্রব হয়। এই

এ্যাসিডগুলিকে ইহাদের লবণের সহিত সালফিউরিক বা হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা যায়।

$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF$$
$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$
$$NaBr + HCl = NaCl + HBr$$
$$NaI + HCl = NaCl + HI$$

৬। হ্যালোজেনগুলি, উত্তম জারক (Oxidising agent) পদার্থ।

* ফ্লোরিন
(Fluorine)

আণবিক সংকেত—F_2 পারমাণবিক গুরুত্ব—19 যোজ্যতা—1

ইতিহাস (History)ঃ—১৭৭১ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী শীলি ফ্লুয়োর্স্পার (Fluorspar—CaF_2) ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড প্রস্তুত করেন। ১৮১৩ খৃষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী **ডেভি (Davy)** হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সহিত হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের ধর্মের সাদৃশ্য লক্ষ্য করিয়া সিদ্ধান্ত করেন যে, একটি মৌল আছে যাহার ধর্ম ক্লোরিনের অনুরূপ হইবে। কিন্তু এই নূতন মৌলটি অর্থাৎ ফ্লোরিন প্রস্তুতকল্পে তিনি বিফলকাম হন। এই বিফলতার মূল কারণ হইল দুইটি। প্রথমতঃ হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ (aqueous solution of hydrogen Fluoride) তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে ফ্লোরিনের পরিবর্তে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস পাওয়া গেল। ডেভী তখন অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড (anhydrous hydrogen fluoride) তড়িৎ বিশ্লেষণ করিতে গিয়া লক্ষ্য করিলেন যে, ইহা বিদ্যুৎ অপরিবাহী (non-conductor of electricity)। ডেভী তখন ফ্লোরাইড লবণ ক্লোরিন দ্বারা বিয়োজন (decompose) করিতে গিয়া দেখেন যে, নূতন মৌলটি উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই পরীক্ষার পাত্রটির সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হইতেছে। অতঃপর ১৮৬৯ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **গোর (Gore)** অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের সহিত পটাশিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড (KHF_2) মিশ্রিত করিয়া উহাকে তড়িৎ পরিবাহী করিতে সক্ষম হন। অবশেষে ফরাসী বিজ্ঞানী **ময়সাঁ (Moissan)** ১৮৮৬ খৃষ্টাব্দে অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড ও পটাশিয়াম

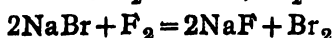
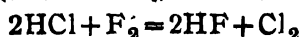
* ফ্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন ও ইহাদের এ্যাসিডগুলির বিস্তৃত আলোচনা পাঠ্যবিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে। ছাত্রদের সম্যক জ্ঞানের জন্য ইহাদের সাধারণ পরিচয় মাত্র দেওয়া হইল।

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের একটি মিশ্র প্লাটিনাম U-টিউবের মধ্যে লইয়া তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা সর্বপ্রথম ফ্লোরিন প্রস্তুত করেন।

প্রাপ্তিস্থান (Occurrence) :—ফ্লোরিন অত্যধিক সক্রিয় মৌল বলিয়া ইহা মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। যৌগ অবস্থায় ইহা বিভিন্ন খনিতে পাওয়া যায়। ইহার মধ্যে ফ্লুয়োর্স্পার (fluorspar)—CaF_2 প্রধান। ইহা ছাড়া ক্রায়োলাইট (cryolite)—$AlF_3, 3NaF$; ফ্লুর-এ্যাপেটাইট (Fluor-apatite) —CaF_2, $3Ca_3(PO_4)_2$ প্রভৃতি খনিজ যৌগরূপে পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া দাঁতের সাদা এনামেল-অংশে, ঝিনুকের খোলা, হাড় প্রভৃতিতে ফ্লোরিনের যৌগ অল্পমাত্রায় পাওয়া যায়।

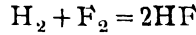
ফ্লোরিনের প্রস্তুতি (Preparation of Flouorine) :—ময়সাঁ (Moissan) ফ্লোরিন প্রস্তুতের জন্য একটি বিশেষ ধরণের যন্ত্র ব্যবহার করেন। এই যন্ত্রটি প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম ধাতুসংকরের (platinum-iridium alloy) প্রস্তুত একটি U-টিউব। U-টিউবের একটি বাহুতে একই ধাতু-সংকর দ্বারা প্রস্তুত পজিটিভ তড়িৎদ্বার (anode) এবং অপর বাহুতে নেগেটিভ তড়িৎদ্বার (cathode) থাকে ; ক্যাথোড ও এ্যানোড দণ্ডগুলি ফ্লুয়োর্স্পার (CaF_2) নির্মিত ছিপির মধ্য দিয়া U-টিউবের মধ্যে সন্নিবিষ্ট থাকে। U-টিউবটিতে অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড ও পটাশিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের একটি মিশ্রণ লওয়া হয় এবং সমগ্র U-টিউবটিকে একটি মিথাইল ক্লোরাইড (স্ফুটনাংক-23°C) পূর্ণ আধারে নিমজ্জিত করিয়া শীতল রাখা হয়। অতঃপর মিশ্রের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহ দিলে উৎপন্ন ফ্লোরিন বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা প্লাটিনাম জারে সংগৃহীত হয়।

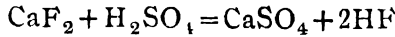
ফ্লোরিনের ধর্ম (Properties of Fluorine) :—ফ্লোরিন হালকা হরিতাভ পীত (pale greenish yellow) বর্ণের গ্যাস। ইহা তীব্র গন্ধযুক্ত এবং অত্যন্ত বিষাক্ত। ফ্লোরিনকে চাপ ও শীতল দ্বারা প্রথমে তরল পরে কঠিনে পরিণত করা যায়। ফ্লোরিন সমস্ত মৌলিক পদার্থের মধ্যে সর্বাধিক সক্রিয় মৌল। ইহা নিষ্ক্রিয় গ্যাস, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন ব্যতীত সকল ধাতু ও অধাতুর সহিত সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া ঘটাইতে সক্ষম। হাইড্রোজেনের সহিত ফ্লোরিনের অন্ধকারেও তীব্র বিস্ফোরণ সহকারে বিক্রিয়া ঘটে এবং হাইড্রোফ্লোরিক এ্যাসিড উৎপন্ন হয়। বহু ধাতু ও জৈব পদার্থ ফ্লোরিনের সংস্পর্শে আসার সঙ্গে সঙ্গে জ্বলিয়া উঠে এবং ফ্লোরাইড গঠন করে। ফ্লোরিন হ্যালোজেন পরিবারের মধ্যে সর্বাধিক সক্রিয় (reactive) বলিয়া অপর হ্যালোজেন যৌগিক হইতে হ্যালোজেনগুলি ফ্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। যেমন,

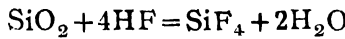
$$2HCl + F_2 = 2HF + Cl_2$$
$$2NaBr + F_2 = 2NaF + Br_2$$

ফ্লোরিনের ব্যবহার (Uses of Fluorine) :—ফ্লোরিন অত্যধিক সক্রিয় বলিয়া ইহার ব্যবহার খুব কম। ফ্লোরিন কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগিকগুলির সহিত বিক্রিয়ায় ফ্লুরো-কার্বন নামক এক শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে। ইহা বর্তমানে হিমায়ন (refrigerant) হিসাবে অত্যধিক ব্যবহৃত হয়।

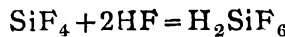
হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড :
(Hydrogen Fluoride)

ফ্লোরিন ও হাইড্রোজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটাইলে অন্ধকারেও তীব্র বিস্ফোরণ সহকারে বিক্রিয়া ঘটে এবং হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড বা হাইড্রোফ্লোরিক এ্যাসিড (Hydrogen Fluoride) উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + F_2 = 2HF$$

ফ্লুয়োস্পারের সহিত গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারাও হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF$$

হাইড্রোফ্লোরিক এ্যাসিড অত্যধিক উদ্বায়ী (volatile) এবং ধূমোৎপাদক পদার্থ। ইহা জলে বিশেষভাবে দ্রবণীয়। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত। ইহা বেশী আঘ্রাণ লইলে বাক্‌শক্তি নষ্ট হইয়া যায় এবং দেহের চামড়ার সংস্পর্শে আসিলে দুরারোগ্য ক্ষত উৎপন্ন করে। ইহা অত্যধিক সক্রিয় এ্যাসিড। সোডিয়াম, পটাশিয়াম, সিলভার, কপার প্রভৃতি ধাতু ইহাতে দ্রবীভূত হয়। কাচ বা পোর্সিলেন ইহার দ্বারা প্রবলভাবে আক্রান্ত হয় এবং উদ্বায়ী (volatile) সিলিকন টেট্রাফ্লোরাইড (SiF_4) উৎপন্ন হয়।

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$

হাইড্রোফ্লোরিক এ্যাসিড বেশীমাত্রায় থাকিলে ফ্লুয়োসিলিসিক এ্যাসিড (H_2SiF_6) উৎপন্ন হয়।

$$SiF_4 + 2HF = H_2SiF_6$$

এই কারণে হাইড্রোফ্লোরিক এ্যাসিড সর্বদাই **গাটাপার্চা (guttapercha) বা মোমের প্রলেপযুক্ত কাচের বোতলে** রাখা হয়।

কাচ খোদাই (Etching of glass) :—কাচে বা পোর্সিলেনে অতিরিক্ত সিলিকা ও সিলিকেট ($-SiO_3$) থাকে। হাইড্রোফ্লোরিক এ্যাসিড কাচের সিলিকাকে সিলিকন টেট্রাফ্লোরাইডে (SiF_4) পরিণত করে। সিলিকন টেট্রাফ্লোরাইড গ্যাস বলিয়া উপিয়া যায় এবং কাচের গায়ে খোদাই হয়।

প্রথমে কাচ পাত্রটি গলিত মোমের মধ্যে ডুবাইয়া উহার গায়ে পাতলা মোমের আস্তরণ দিয়া কাচপাত্রটি ঢাকিয়া দেওয়া হয়। কারণ মোমের উপর হাইড্রোফ্লোরিক এ্যাসিডের কোন বিক্রিয়া হয় না। এইবার একটি সরু নিব দিয়া মোমের উপর প্রয়োজনানুযায়ী নাম বা চিত্র অঙ্কিত করা হয়। এই নক্শার উপর হাইড্রোফ্লোরিক এ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ ব্রাশ দিয়া লাগাইয়া দেওয়া হয় কিংবা নক্শার উপর দিয়া হাইড্রোফ্লোরিক এ্যাসিড গ্যাস দশ পনের মিনিট ধরিয়া প্রবাহিত করা হয়। ইহার পর কাচপাত্রটি জল দ্বারা ধুইয়া ফেলিলে অতিরিক্ত হাইড্রোফ্লোরিক এ্যাসিড চলিয়া যাইবে। এখন মোমটি ছুরি দিয়া চাঁচিয়া লইলে বা তারপিন তেলে পাত্রটি ডুবাইলে মোম চলিয়া যাইবে এবং পাত্রের গায়ে সুস্পষ্ট নক্শার দাগ পড়িবে। এইরূপে থার্মোমিটার, ব্যুরেট, পিপেট, কাচের গ্লাস প্রভৃতি কাচ পাত্র খোদাই করা হয়।

ব্রোমিন

(Bromine)

আণবিক সংকেত—Br_2 পারমাণবিক গুরুত্ব—80 যোজ্যতা—1

ইতিহাস (History) :—১৮২৬ খৃষ্টাব্দে ব্যালার্ড (Balard) সর্বপ্রথম ব্রোমিন আবিষ্কার করেন। ব্রোমিন একটি গাঢ় লাল এবং তীব্র গন্ধী তরল পদার্থ। ইহার তীব্র কটু গন্ধের জন্য ব্রোমিন নামকরণ হইয়াছে (Greek-Bromos মানে stench অর্থাৎ তীব্র গন্ধী)।

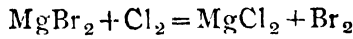
প্রাপ্তিস্থান (Occurrence) :—ব্রোমিন প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। ইহা সাধারণতঃ সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম এবং ক্যালসিয়াম ব্রোমাইডরূপে সমুদ্রজলে এবং খনিজজলে পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া জার্মানীর স্ট্যাস্ফার্ট (Stassfurt) খনিতেও ব্রোমাইড লবণ পাওয়া যায়।

ব্রোমিনের প্রস্তুতি (Preparation of Bromine) :—পরীক্ষাগারে ক্লোরিন প্রস্তুত প্রণালীর ন্যায় ব্রোমিনও প্রস্তুত করা হয়। একটি বকযন্ত্রে (retort) পটাশিয়াম ব্রোমাইড, ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মিশ্রণ লইয়া বকযন্ত্রটিকে ঈষৎ উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিন বাষ্পাকারে উদ্ভূত হয় এবং শীতল গ্রাহকে লাল তরল পদার্থরূপে সঞ্চিত হয়।

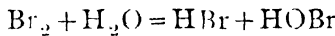
$$2KBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Br_2$$

বৃহদায়তনে ব্রোমিন প্রাকৃতিক খনিজ কার্ণালাইট (carnalite) $KCl, MgCl_2, 6H_2O$ হইতে প্রস্তুত হয়; কারণ কার্ণালাইটে সামান্য পরিমাণে $KBr, MgBr_2,$

$6H_2O$ কলুষ পদার্থরূপে (impurities) থাকে। প্রথমে কার্ণালাইটকে জলে দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণ ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে কম দ্রাব্য পটাশিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হইলে ইহাকে পৃথক করা হয়। শেষ দ্রবে (mother liquor) ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$) ও ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড ($MgBr_2$) থাকিয়া যায়। ইহাকে বিটার্ণ (bittern) বলে। ইহাতে প্রায় 25% ব্রোমিন থাকে। এই শেষ দ্রবটিকে 60°C উষ্ণতায় গরম করিয়া চীনামাটির বলপূর্ণ স্তম্ভের (tower) উপর হইতে ধারাপাত করা হয় এবং স্তম্ভটির তলদেশ হইতে ক্লোরিন ও স্টীমের মিশ্র চালনা করা হয়। স্তম্ভটির মধ্যে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড ও ক্লোরিনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ব্রোমিন উৎপন্ন হয় এবং স্টীমের তাপে ব্রোমিন বাষ্পাকারে স্তম্ভ হইতে নির্গত হয়।

$$MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$$

উৎপন্ন ব্রোমিন গ্যাস মাটির পেঁচানো (spiral) ঘনকে ঘনীভূত হইয়া পাত্রে জমা হয়।

ব্রোমিনের ধর্ম (Properties of Bromine) :—সাধারণ উষ্ণতায় ব্রোমিন তৈলের ন্যায় ঘন ভারী গাঢ়-রক্তবর্ণ তীব্র গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। সাধারণ উষ্ণতায় **ব্রোমিন একমাত্র তরল অধাতু**। ইহা ক্লোরিন অপেক্ষা বিষাক্ত এবং এক ফোঁটা গায়ের উপর পড়িলে দুরারোগ্য ক্ষত উৎপন্ন করে। ইহা জলে দ্রবীভূত হয়। জলীয় দ্রবণকে ব্রোমিন-জল (Bromine-water) বলে। ব্রোমিন-জল প্রকৃতপক্ষে হাইড্রো-ব্রোমিক ও হাইপোব্রোমাস এ্যাসিডের মিশ্রণ।

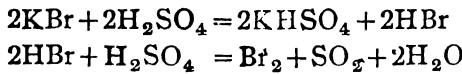
$$Br_2 + H_2O = HBr + HOBr$$

ব্রোমিন ক্লোরিন অপেক্ষা কম ক্রিয়াশীল বলিয়া সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া হয় না। উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। ব্রোমিন কার্বন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন ব্যতীত অধিকাংশ ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় ব্রোমাইড গঠন করে।

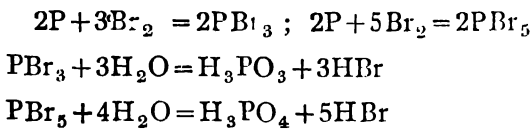
ব্রোমিনের ব্যবহার (Uses of Bromine) :—ব্রোমিন ব্রোমাইড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। ইহার মধ্যে সিলভার ব্রোমাইড (AgBr) ফটোগ্রাফীতে ও পটাশিয়াম ব্রোমাইড (KBr) নিদ্রাকারী ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়। রঞ্জন প্রস্তুতে ও বীজাণু-নাশকরূপেও ব্রোমিন ব্যবহৃত হয়।

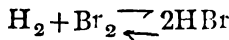
হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ঃ
(Hydrogen Bromide)

হাইড্রোফ্লোরিক, ও হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের ন্যায় হাইড্রোব্রোমিক এ্যাসিডকে ব্রোমাইড লবণ ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন করা যায় না। কারণ

উৎপন্ন হাইড্রোব্রোমিক এ্যাসিড সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় জারিত (oxidised) হইয়া ব্রোমিন উৎপন্ন করে।

$$2KBr + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + 2HBr$$
$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$

রসায়নাগারে লাল ফসফরাস ও জলের উপর ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোব্রোমিক এ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়। প্রথমে ফসফরাস ও ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় ফসফরাস ট্রাই ও পেণ্টাব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। পরে জল দ্বারা উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত (hydrolysed) হইয়া হাইড্রোব্রোমিক এ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3 \; ; \; 2P + 5Br_2 = 2PBr_5$$
$$PBr_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HBr$$
$$PBr_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HBr$$

হাইড্রোজেন গ্যাস ও ব্রোমিন বাষ্প 200°C-য়ে উত্তপ্ত প্লাটিনাম প্রভাবকের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে হাইড্রোব্রোমিক এ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$$

হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বা হাইড্রোব্রোমিক এ্যাসিড বর্ণহীন, ধূমায়মান, বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস। ইহাতেও তীব্র কটু গন্ধ আছে। ইহা জলে বিশেষভাবে দ্রবণীয়। ইহা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ন্যায় বহু ধাতু, ধাতব অক্সাইড ও ধাতব কার্বনেট এবং বহু অধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় ব্রোমাইড উৎপন্ন করে।

হাইড্রোজেন ব্রোমাইড, ব্রোমাইড লবণ উৎপাদনে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়।

আয়োডিন
(Iodine)

আণবিক সংকেত—I_2 পারমাণবিক গুরুত্ব—127 যোজ্যতা—1

ইতিহাস (History) :—সামুদ্রিক উদ্ভিদভস্মের (ash of marine plants) সহিত গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের বিক্রিয়া করাইয়া ১৮১২ খৃষ্টাব্দে **কুর্তোয়া (Curtois)** সর্বপ্রথম আয়োডিন প্রস্তুত করেন। ইহা উন্মুক্ত রাখিলে বেগুনী রঙের বাষ্প নির্গত হয় বলিয়া গে-লুসাক উহার ঐরূপ নামকরণ করেন।

অবস্থান (Occurence) :—আয়োডিন মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। কিন্তু পটাশিয়াম, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড প্রকৃতিতে বিভিন্ন খনিজে পাওয়া যায়। অবিশুদ্ধ চিলি সোরায় বা ক্যালিচি (caliche) সামান্য

পরিমাণে সোডিয়াম আয়োডেট লবণ থাকে। বিভিন্ন সামুদ্রিক উদ্ভিদ ও সামুদ্রিক প্রাণীর দেহে আয়োডিনের যৌগিক আছে। কড মাছের লিভার তৈলে ও প্রাণীদেহের থাইরয়েড গ্রন্থিতে (thyroid gland) আয়োডিনের যৌগ আছে।

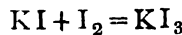
আয়োডিন প্রস্তুতি (Preparation of Iodine):—পরীক্ষাগারে একটি কাচের বকযন্ত্রে (retort) পটাশিয়াম আয়োডাইড, ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মিশ্রণ লইয়া উত্তপ্ত করিলে আয়োডিনের বাষ্প উৎক্ষিপ্ত হইয়া বকযন্ত্রের সংলগ্ন শীতল গ্রাহকে কৃষ্ণবর্ণ উজ্জ্বল কেলাসরূপে জমা হয়।

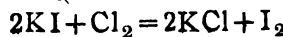
$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2$$

বৃহদায়তন উৎপাদনে গভীর সমুদ্রজাত উদ্ভিদ হইতে আয়োডিন উৎপন্ন করা হয়। গভীর সমুদ্রজলে জাত ল্যামিনেরিয়া (Laminaria) নামক উদ্ভিদ সমুদ্রজল হইতে আয়োডিন লবণ শোষণ করিয়া দেহসাৎ করে। এই উদ্ভিদগুলিকে শুষ্ক করিয়া সাবধানে মৃদুতাপে ভস্মীভূত করা হয় যাহাতে লবণ নষ্ট না হয়। এই উদ্ভিদ ভস্মকে কেল্প (kelp) বলে। কেল্পকে উষ্ণজলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণ ছাঁকিয়া লোহার কড়াইতে ঘনীভূত করিলে কম দ্রাব্য সালফেট, ক্লোরাইড লবণগুলি কেলাসিত হয়, কিন্তু অধিক দ্রাব্য সোডিয়াম ও পটাশিয়াম আয়োডাইড লবণ শেষ দ্রবে (mother liquor) থাকিয়া যায়; শেষ দ্রবটি থিতাইয়া উপরিস্থিত স্বচ্ছ দ্রবণটি গ্রহণ করা হয়। এই দ্রবণে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করিয়া লৌহ বকযন্ত্রে উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন বাষ্পীভূত হয়। আয়োডিন বাষ্প শীতল এ্যালুডেল (aludel) নামক চীনামাটির বোতলে সংগ্রহ করা হয়।

$$2NaI + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2$$

আয়োডিনের ধর্ম (Properties of Iodine):—আয়োডিন কৃষ্ণবর্ণের উজ্জ্বল, কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহা সামান্য উষ্ণতায়ই ঊর্ধ্বপাতিত হয় এবং বাষ্পাবস্থায় ইহার রং বেগুনী। ইহার বাষ্পের গন্ধে নাক মুখ জ্বালা করে। ক্লোরিনের ন্যায় আয়োডিনেও তীব্র গন্ধ আছে। আয়োডিন জলে কম দ্রাব্য কিন্তু পটাশিয়াম আয়োডাইডে অধিক পরিমাণে দ্রাব্য এবং দ্রবে পটাশিয়াম ট্রাই-আয়োডাইড (KI_3) উৎপন্ন হয়।

$$KI + I_2 = KI_3$$

আয়োডিনের ক্রিয়াশীলতা হ্যালোজেন পরিবারের মধ্যে সর্বাপেক্ষা কম। আয়োডিন দাহ্য নয় কিন্তু সাদা ফসফরাস, এ্যান্টিমনী, আর্সেনিক প্রভৃতির দহনের সহায়তা করে। ইহা বহু ধাতু ও অধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডাইড উৎপন্ন করে। ক্লোরিন ও ব্রোমিন আয়োডাইড হইতে আয়োডিনকে মুক্ত করে।

$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

5. **Describe the manufacture of bleaching powder. Describ the action of bleaching powder on (i) litmus paper and (ii) hydrochloric acid.**

[ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতির বর্ণনা দাও। (i) লিটমাস কাগজে এবং (ii) হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের উপর ব্লিচিং পাউডারের ক্রিয়া বর্ণনা কর।]

6. What are Halogens? Why are they so called? By what general method can the Halogens (except Fluorine) be prepared? Describe in outline the physical and chemical properties of Halogens.

[হ্যালোজেন কাহাকে বলে? ইহাদের হ্যালোজেন বলা হয় কেন? হ্যালোজেন সাধারণতঃ (ফ্লোরিন ব্যতীত) কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? হ্যালোজেনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের একটি সাধারণ বর্ণনা দাও।]

7. Chlorine is said to be very active. Describe experiments where the activity is shown in a marked degree, and where there is lack of activity.

[ক্লোরিনকে খুব সক্রিয় বলা হয়। ক্লোরিনের সক্রিয়তা কোথায় অধিক এবং কোথায় সক্রিয়তার অভাব পরিলক্ষিত হয় বর্ণনা দাও।]

8. What is meant by etching of glass? Describe the uses of iodine in medicine.

[কাচ খোদাই বলিতে কি বুঝায়? আয়োডিনের ঔষধে ব্যবহারের বর্ণনা দাও।]

9. What were the difficulties in the isolation of Fluorine and how did Moissan overcome those difficulties? Describe the modern process for the Preparation of Fluorine.

[ফ্লোরিন প্রস্তুতির পথে কি কি বাধা ছিল এবং ময়সাঁ কিভাবে সেই সকল বাধা অতিক্রম করিয়াছিলেন? ফ্লোরিন প্রস্তুতির আধুনিক পদ্ধতি বর্ণনা কর।]

10. How would you determine the composition of HCl gas by volume?

[HCl গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি কিরূপে নির্ণয় করিবে?]

11. Explain with equation, what happens when—

(কি ঘটিবে সমীকরণ সহ বর্ণনা দাও)—

(i) Iodine is heated with concentrated Nitric acid ;

[আয়োডিনকে ঘন নাইট্রিক এ্যাসিডে উত্তপ্ত করিলে]

(ii) Chlorine acts on a suspension of iodine in water ;

[জলে প্রলম্বিত আয়োডিনের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়া ঘটিলে]

(iii) A jet of burning hydrogen is introduced into a jar of chlorine ;

[জ্বলন্ত হাইড্রোজেন শিখা ক্লোরিন গ্যাসে নিক্ষেপ করিলে]

(iv) An aqueous solution of chlorine is exposed to sunlight ;

[ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণ সূর্য কিরণে উন্মুক্ত রাখিলে]

(v) A mixture of hydrogen and chlorine is exposed to sunlight ;

[হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ সূর্যকিরণে উন্মুক্ত রাখিলে]

(vi) Chlorine is passed into hot caustic potash solution until saturated ;

[তপ্ত কষ্টিক পটাশ দ্রবণে সংপৃক্ত না হওয়া পর্যন্ত ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে]

(vii) Common salt is heated with manganese dioxide and sulphuric acid ,

[ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত সাধারণ লবণ উত্তপ্ত করিলে]

(viii) Potassium chlorate is warmed with iodine ;

[আয়োডিনের সহিত পটাশিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে]

(ix) Chlorine gas is passed through dry slaked lime ;

[শুষ্ক কলিচুণের উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে]

(x) Chlorine gas is passed through milk-of-lime;

[মিল্ক-অফ্-লাইমের মধ্য দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে]

(xi) Chlorine gas is passed through a solution of ammonia ;

[ক্লোরিন গ্যাস এ্যামোনিয়া দ্রবণে প্রবাহিত করিলে]

(xii) Chlorine gas is bubbled through water ;

[ক্লোরিন গ্যাস জলে বুদ্‌বুদাকারে প্রবাহিত করিলে]

(xiii) Chlorine gas is passed into caustic soda solution ;

[ক্লোরিন গ্যাস কষ্টিক সোডা দ্রবণে প্রবাহিত করিলে]

(xiv) Chlorine gas is passed into a solution of SO_2 ;

[ক্লোরিন গ্যাস SO_2 দ্রবণে প্রবাহিত করিলে]

(xv) Chlorine is passed through water in which $CaCO_3$ is held in suspension.

[জলে ভাসমান ক্যালসিয়াম কার্বনেটের মধ্য দিয়া ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে]

(xvi) Dry chlorine is Passed over molten tin ;

[গলিত টিনের উপর দিয়া শুষ্ক ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে]

(xvii) Chlorine is passed into ferrous sulphate acidified with H_2SO_4 ;

[H_2SO_4 অম্লীকৃত ফেরাস সালফেটের মধ্য দিয়া ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে]

(xviii) A suspension of bleaching Powder is treated with Na_2CO_3 solution ;

[প্রলম্বিত ব্লিচিং পাউডারের সহিত Na_2CO_3 দ্রবণ মিশ্রিত করিলে]

(xix) Potassium Chlorate is heated with Concentrated hydrochloric acid ;

[পটাশিয়াম ক্লোরেটকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে]

(xx) Chlorine is Passed into a jar containing H_2S ;

[একটি জারে রক্ষিত H_2S-যে ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে।]

১২

কার্বন ও ইহার অক্সাইড

(Carbon and its Oxides)

আণবিক সংকেত—C পারমাণবিক গুরুত্ব—12 যোজ্যতা—4

ইতিহাস (History) :—কার্বন অঙ্গার ও হীরকরূপে বহুকাল হইতে জ্ঞাত ছিল। ১৭৭৫ খৃষ্টাব্দে ল্যাভয়সিয়ার সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে হীরক কার্বনের একটি রূপ। ১৭৯৭ খৃষ্টাব্দে টেনাণ্ট (Tennant) পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন যে হীরক দহন করিলে কেবলমাত্র কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসই উৎপন্ন হয়। ১৮০০ খৃষ্টাব্দে ম্যাকেঞ্জি (Mackenzie) প্রমাণ করেন যে গ্রাফাইট কার্বনের আর একটি স্ফটিকাকার রূপ।

অবস্থান (Occurrence) :—কার্বন মুক্ত এবং যুক্ত উভয় অবস্থায়ই প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। মুক্ত অবস্থায় ইহা স্ফটিকাকারে (crystalline) হীরক (diamond) ও গ্রাফাইট (graphite) এবং অনিয়তাকার (amorphous) কয়লারূপে (coal) প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

যুক্ত অবস্থায় প্রাণী ও উদ্ভিদজাত প্রত্যেক জৈব পদার্থে (Organic Compound) কার্বন পাওয়া যায়। ইহা হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোকার্বনরূপে (hydrocarbons) পেট্রোলিয়াম ও মার্স গ্যাসে, কার্বোহাইড্রেট ও প্রোটিনে পাওয়া যায়। কার্বনেটরূপে ডলোমাইটে, চূণাপাথর ও মার্বেলপাথরে প্রচুর কার্বন আছে। ইহা ছাড়া কার্বন বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসরূপে অবস্থান করে। এই সুবিপুল অস্তিত্বের জন্য, সকল মৌলবর্গের মধ্যে কার্বনের একটি বৈশিষ্ট্য আছে। কার্বন প্রাণী ও উদ্ভিদের যে অসংখ্য যৌগ উৎপন্ন করে, তাহা আলোচনার সুবিধার জন্য রসায়নের এক বিরাট শাখা **কার্বন কেমিস্ট্রি** বা **জৈব রসায়ন** (**Organic Chemistry**) নির্দিষ্ট হইয়াছে।

কার্বনের বহুরূপতা (Allotropy of Carbon) :—কার্বনেরও ফসফরাসের ন্যায় বহুরূপতা (allotropy) ধর্ম আছে। ইহার প্রধাণতঃ দুইটি রূপ। (১) স্ফটিকাকার (crystalline), যথা—হীরক (diamond) ও গ্রাফাইট (graphite)

ও (২ অনিয়তাকার (amorphous) যথা—কাঠকয়লা, প্রাণীজ অঙ্গার, গ্যাসকার্বন, কয়লা ও কোক।

কার্বনের এই বহুরূপগুলিতে আকৃতি ও ধর্মের পার্থক্য এরূপ যে ইহারা একই মৌলের রূপান্তর মাত্র তাহা সহজে বিশ্বাস হয় না। হীরক স্বচ্ছ বর্ণহীন, স্ফটিকাকার মূল্যবান রত্ন; খনিজ কয়লা অনিয়তাকার, সহজলভ্য স্বল্পমূল্য পদার্থ। একই কার্বন পৃথিবীর মধ্যে কঠিনতম পদার্থ কার্বনেডো বা কালো হীরা, আবার সেই কার্বনই মোমের মত নরম গ্রাফাইট। কিন্তু রাসায়নিক পরীক্ষায় দেখা যায় যে, ইহাদের পরমাণুর পার্থক্য নাই। একই ওজনের কার্বনের বিভিন্নরূপ লইয়া দহন করিলে দেখা যায় যে প্রতিক্ষেত্রে একই ওজনের কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহার দ্বারা প্রমাণিত হয় যে প্রত্যেক বহুরূপই একমাত্র কার্বন পরমাণুর দ্বারা গঠিত।

হীরক (Diamond)ঃ—দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রেজিল, আমেরিকা, রাশিয়ায় ইউরাল পর্বতমালায় এবং ভারতে গোলকুণ্ডায় খনিজ হীরক পাওয়া যায়। দক্ষিণ আফ্রিকার খনি হইতে পৃথিবীর 96% হীরক সরবরাহ করা হয়। হীরক সাধারণতঃ মৃদু বর্ণযুক্ত হয়। লাল, বাদামী, গোলাপী, সবুজ প্রভৃতি বর্ণের হীরক দেখা যায়। কৃষ্ণবর্ণের হীরককে কার্বনেডো (Carbonado) বা বর্ট (bort) বলা হয়। হীরক

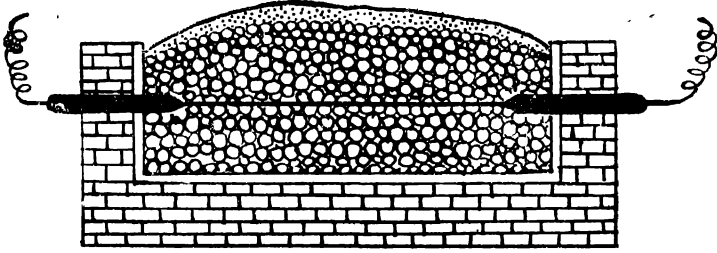
বহুমূল্য রত্ন। আকৃতি, প্রকৃতি, স্বচ্ছতা ও ওজনভেদে ইহার মূল্যভেদ হয়। হীরককে ক্যারাটে (carat) ওজন করা হয়। এক ক্যারাট = ·2000 গ্রাম। মোঘল সম্রাটদের কোহিনুর (Kohinoor) হীরক = 186. ক্যারাট একসময় পৃথিবী বিখ্যাত ছিল। পৃথিবীর মধ্যে সকলের চেয়ে বড় হীরক কুলিনান (Cullinan) = 3,032 ক্যারাট ১৯০৫ খৃষ্টাব্দে প্রিতোরিয়ায় (Pretoria) পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া হোপ (Hope) = 44·5 ক্যারাট, পিট্ (Pitt) = 136·2 ক্যারাট হীরকগুলিও পৃথিবী বিখ্যাত।

১৮৯৩ খৃষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী ময়সঁা (Moissan) কৃত্রিম উপায়ে (artificially) হীরক প্রস্তুত করিতে সক্ষম হন। তিনি একটি মুছিতে লোহার সঙ্গে পোড়া চিনি (sugar charcoal) মিশাইয়া মিশ্রণটিকে বৈদ্যুতিক উনানে (electric furnace) 3000°C উর্দ্ধে উত্তপ্ত করেন। ফলে লোহা গলিয়া চিনির কার্বনকে দ্রবীভূত করে। ময়সঁা এই বিগলিত মিশ্রণকে হঠাৎ গলিত সীসার মধ্যে ডুবাইয়া ঠাণ্ডা করেন। মিশ্রণ শীতল হইলে বাহিরের লোহা কঠিন হইয়া ভিতরের কার্বনের উপর প্রবল চাপ দেয়; ফলে চিনির কাবন অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরক কণায় কেলাসিত হয়। ইহাকে ফুটন্ত হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে আলোড়িত (shake) করিলে লোহা দ্রবীভূত হয়। কিন্তু প্রাকৃতিক (natural) হীরকের চেয়ে কৃত্রিম হীরকের দাম বেশী পড়ে বলিয়া এই পদ্ধতি পণ্য উৎপাদনে কোন কাজে লাগে না।

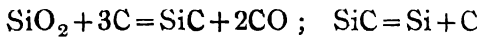
বর্ণহীন হীরক বিশুদ্ধতম কার্বন। সাধারণ হীরকের টুকরাগুলিকে কাটিয়া বহুতল করিলে টুকরার ভিতরে আলোকের পূর্ণফলন (total reflection) হয়। সেইজন্য হীরককে উজ্জ্বল দেখায় এবং বহুমূল্য রত্ন হিসাবে সমাদৃত। ইহা কঠিনতম (hardest) পদার্থ। কোন পদার্থই হীরকের গায়ে দাগ কাটিতে পারে না। হীরককে হীরক দিয়া কাটিতে হয়। হীরক জল, এ্যাসিড, ক্ষার সকল তরলেই অদ্রাব্য। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণে অক্ষম। ইহাকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে 800°C-য়ে উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। 1000°C ইহা সালফার দ্বারা আক্রান্ত হইয়া কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) গঠন করে। হীরক কাচ কাটিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। কার্বনেডো বা কালো হীরক পাথরকাটা ও পালিশের কাজে ব্যবহৃত হয়।

গ্রাফাইট (Graphite) :—গ্রাফাইট (Greek : grapho-I write অর্থাৎ আমি লিখি)। সিংহল, সাইবেরিয়া, ভারতবর্ষ, ইটালী, ও যুক্তরাষ্ট্রে প্রচুর পরিমাণে খনিজ হিসাবে পাওয়া যায়। গ্রাফাইট কাগজে ঘসিলে দাগ পড়ে, সেইজন্য ইহাকে **কাল সীস (black lead)** বা **প্লাম্বাগো (plumbago)** বলা হয়। সাধারণতঃ

যাহাকে লেড পেন্সিল বলা হয় তাহা প্রকৃতপক্ষে লেড বা সীসার পেন্সিল নয় গ্রাফাইট সীস পেন্সিল।

বর্তমানে নায়গ্রাতে (Niagara) **এ্যাকেসন** (**Acheson**) প্রণালীতে প্রচুর পরিমাণে কৃত্রিম গ্রাফাইট প্রস্তুত করা হয়। এই প্রণালীতে এ্যানথ্রেসাইট (anthracite) কয়লা বা কোক (coke) ও বালুর (SiO_2) মিশ্রণ একটি

কৃত্রিম গ্রাফাইট উৎপাদন

অগ্নিসহ ইষ্টক (fire bricks) নির্মিত বৈদ্যুতিক চুল্লীতে রাখা হয়। মিশ্রণটি বালু দ্বারা আবৃত করা থাকে। চুল্লীর তলার দিকে দুইটি কার্বন দণ্ড থাকে। কার্বনদণ্ডের সাহায্যে মিশ্রণে তড়িৎ প্রবাহিত করিয়া 24-30 ঘণ্টা যাবৎ প্রায় 3000°C-য়ে উত্তপ্ত করা হয়। প্রথমে সিলিকন কার্বাইড (SiC) উৎপন্ন হয় এবং বিশ্লিষ্ট হইয়া গ্রাফাইট (C) ও সিলিকনে (Si) পরিণত হয়।

$$SiO_2+3C=SiC+2CO\ ;\quad SiC=Si+C$$

সিলিকন চুল্লীর তাপে বাষ্পীভূত হইয়া চলিয়া যায়।

গ্রাফাইট দেখিতে গাঢ় ধূসর স্ফটিকাকার মসৃণ পদার্থ। ইহা ধাতুর মত উজ্জ্বল এবং স্পর্শে মোমের মত নরম ও তৈলাক্ত। ইহা হীরক অপেক্ষা কম নিষ্ক্রিয় পদার্থ। [গ্রাফাইট তাপে গলে না। কিন্তু অক্সিজেন বা বায়ুতে 700°C উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। পটাশিয়াম ক্লোরেট, নাইট্রিক এ্যাসিড ও সালফিউরিক এ্যাসিডের মিশ্রণের সহিত গ্রাফাইটকে 100°C নীচে উত্তপ্ত করিলে গ্রাফাইট জারিত হইয়া গ্রাফিটিক এ্যাসিডে (graphitic acid—$C_{11}H_4O_5$) পরিণত হয়। গ্রাফাইটের সীস কাগজে দাগ কাটে বলিয়া ইহা পেন্সিলের সীস প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। ইহা তড়িৎ ও তাপের সুপরিবাহক (good conductor of heat and electricty) বলিয়া বৈদ্যুতিক চুল্লী ও ইলেকট্রোড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। ইহা উচ্চতাপে গলে না (infusible) বলিয়া প্লাম্বাগো মুছি (plumbago crucible) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। মসৃণতার জন্য গ্রাফাইটচূর্ণ, লোহার দ্রব্যের উপর মরিচা নিবারণ

প্রাস্তরণ রূপে, যন্ত্রাদিতে ঘর্ষনরোধ করিতে, কঠিন পিচ্ছিলকারক (solid lubricant) হিসাবে, ইলেক্ট্রোটাইপে ও শুষ্ক ব্যাটারিতে ব্যবহৃত হয়।

অঙ্গার (Charcoal)ঃ—কার্বনযুক্ত পদার্থ—যেমন, কাঠ, চিনি, হাড়, রক্ত প্রভৃতিকে উপযুক্ত পরিমানে বায়ুতে দহন করিলে প্রায় সম্পূর্ণ জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং অল্প ছাই (ash) পড়িয়া থাকে। কিন্তু ইহাদের অন্তর্ধূম পাতন (destructive distillation) করিলে অর্থাৎ আবদ্ধ পাত্রে অল্প বায়ুতে আংশিক দহন করিলে বিভিন্ন অঙ্গার পাওয়া যায়।

কাঠ কয়লা (Wood Charcoal)ঃ—কাঠের মধ্যে প্রায় 50% কার্বন থাকে। খণ্ড খণ্ড কাঠকে বৃহৎ লোহার বকযন্ত্রে (retort) বায়ুবদ্ধ অবস্থায় রাখিয়া বাহির হইতে 30 ঘণ্টা তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। ফলে কাঠ কঠিন কাঠকয়লায় (wood charcoal) পরিণত হইয়া বকযন্ত্রে থাকিয়া যায় এবং কাঠের বিয়োজনের (decompose) ফলে উৎপন্ন উদ্বায়ী গ্যাস হইতে অন্যান্য অনেক মূল্যবান জৈব পদার্থ প্রস্তুত হয়। আগেকার দিনে মাটির ভিতর গর্ত করিয়া কাঠের স্তূপ তৈয়ারী করা হইত এবং বাহির হইতে মাটি ও ঘাস দিয়া স্তূপ ঢাকিয়া দেওয়া হইত এবং নীচে আগুন ধরানো হইত। কিছু কাঠ পুড়িয়া যাইত এবং উহারই তাপে বাকি কাঠগুলি কাঠকয়লায় পরিণত হইত। কিন্তু মূল্যবান উদ্বায়ী গ্যাসগুলি গ্যাস নির্গমনের পথ দিয়া বাহির হইয়া যাইত।

প্রাণীজ অঙ্গার (Animal Charcoal)ঃ—জীবজন্তুর হাড় ও রক্তে কার্বন আছে। সুতরাং জীবের হাড় অন্তর্ধূম পাতন করিলে অস্থি অঙ্গার (bone charcoal) পাওয়া যায় এবং রক্তকে অন্তর্ধূম পাতন করিলে রক্ত অঙ্গার (blood charcoal) পাওয়া যায়।

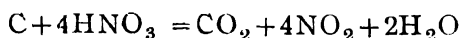
অঙ্গারের ধর্ম (Properties of Charcoal)ঃ—অঙ্গার কাল, নরম ও সছিদ্র (porous) কঠিন পদার্থ। অঙ্গারের এই সূক্ষ্ম ছিদ্রের মধ্যে বায়ু ভরা থাকে। সেইজন্য ইহা জল অপেক্ষা ভারী হওয়া সত্ত্বেও জলে ভাসে। সছিদ্রতার জন্য অঙ্গার গ্যাস ও উদ্বায়ী তরলের বাষ্প শোষণ করিতে পারে। শোষিত গ্যাস অঙ্গারে দ্রবীভূত হয় না বা ইহার সহিত রাসায়নিক ক্রিয়াও হয় না। এই ঘটনাকে **বহির্ধৃতি (adsorption)** বলা হয়। অঙ্গারকে পুনরায় উত্তপ্ত করিলে শোষিত গ্যাস নির্গত হয়। আবার কোন তরলের মধ্যে মিশ্রিত অবাঞ্ছনীয় রং, ময়লা, দুর্গন্ধ এবং স্বাদ নষ্ট করিতে পারে। সেইজন্য অঙ্গারকে (charcoal) গ্যাস শোষণ করার জন্য (to adsorb gases) এবং ময়লা ও দুর্গন্ধ নষ্ট করার জন্য শোষক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

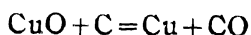
পরীক্ষা :—১। একটি গ্যাস-জার এ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া পারদের উপর স্থাপিত করা হইল। একখণ্ড অঙ্গারকে উত্তপ্ত করিলে ইহার ছিদ্র হইতে বায়ু চলিয়া যায়। এই বায়ুমুক্ত শীতল অঙ্গারখণ্ডকে গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে দেখা যাইবে ইহা এ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করিয়া লইয়াছে এবং পারদে জারটি পূর্ণ হইয়াছে। একক আয়তন অঙ্গার 90 আয়তনের এ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করিতে পারে। অঙ্গার হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন প্রভৃতি গ্যাসও শোষণ করিতে পারে।

২। লাল বা নীল লিটমাস দ্রবণ একটি ফ্লাস্কে লইয়া ইহার মধ্যে প্রাণিজ অঙ্গার ফেলিয়া কিছুক্ষণ ঝাঁকাইলে দ্রবণ বর্ণহীন ও স্বচ্ছ হইবে।

৩। কুইনাইন মিশ্রিত জলে কয়েক টুকরা অঙ্গার ফেলিয়া দিয়া কিছুক্ষণ ঝাঁকাইলে দেখা যাইবে যে, জলে কুইনাইনের তিক্ত স্বাদ আর নাই।

অঙ্গার তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী। জলের ও ক্ষারের সহিত অঙ্গারের কোন ক্রিয়া নাই। কিন্তু তপ্ত গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড ও সালফিউরিক এ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$$
$$C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O$$

অঙ্গার একটি তীব্র বিজারক পদার্থ (reducing agent)। ইহা উচ্চ উষ্ণতায় ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে।

$$CuO+C=Cu+CO$$

অঙ্গারের ব্যবহার (uses of charcoal) :—অঙ্গার বারুদে ও বাজীতে, জ্বালানীরূপে, পরিস্রাবক (filter) রূপে, বীজাণুনাশকরূপে, গ্যাস মুখোসের (gasmask) উপাদানরূপে ও তরল পদার্থের অবাঞ্ছনীয় ময়লা, গন্ধ বা স্বাদ অপসারক রূপে ব্যবহৃত হয়।

ভুষাকালি (Lamp black) :—প্রচুর কার্বনযুক্ত জৈব পদার্থ যেমন কেরোসিন তৈল, তার্পিন তৈল, পেট্রোলিয়াম প্রভৃতিকে অল্প বায়ুতে দহন করিলে প্রচুর কালো ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। ইহা কোন শীতল পাত্রে বা দেওয়ালে ঝুল (soot) রূপে জমা হয়, ইহাকেই ভুষাকালি বলে। রান্নাঘরে উনানের উপর এরূপ ভুষাকালি জমা হয়। কাজলও ভুষাকালি। এই ভুষাকালি ছাপার কালি, জুতার কালি, ষ্টোভপালিশ প্রভৃতিতে ব্যবহৃত হয়।

খনিজ কয়লা (Mineral coal) :—কয়লা প্রকৃতিতে খনিতে পাওয়া যায়।

ইহা উদ্ভিদজাত পদার্থ। প্রাচীনকালে বড বড় জঙ্গলের বৃক্ষগুলি ভূ-আন্দোলনে মাটির নীচে চাপা পড়িয়া বায়ুহীন অবস্থায় উপরিস্থ ভূত্বকের চাপে ও ভূগর্ভস্থ উত্তাপে হাজার হাজার বৎসর ধরিয়া পর পর বিশ্লিষ্ট হইয়া কয়লায় পরিণত হয়। কয়লা একটি অতি অশুদ্ধ কার্বন। ইহাতে মুক্ত কার্বন সামান্য থাকে এবং অনেক জৈব পদার্থ মিশ্রিত থাকে।

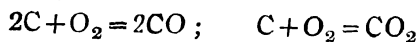
পিটকয়লা (**Peat**) উদ্ভিদ হইতে কয়লা পরিণতির প্রাথমিক রূপ। ইহাতে 60% কার্বন থাকে। ইহার ব্যবহার বিশেষ নাই। **লিগনাইট কয়লা** (**Lignite**) পিটের পরবর্তী রূপ। ইহাতে 67% কার্বন থাকে। ইহার জ্বালানী ক্ষমতা কম বলিয়া ব্যবহার সীমাবদ্ধ। **বিটুমিনাস কয়লা** (**Bituminous**) বা সাধারণ কয়লা (common coal)—ইহা কয়লার পরবর্তী রূপ এবং ইহাতে 88·4% কার্বন থাকে। জ্বালানীরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়। **ক্যানেল কয়লা** (**Cannel**) বিটুমিনাসের পরবর্তী রূপ। ইহা কোল-গ্যাস উৎপাদন কার্য্যেই ব্যবহৃত হয়। ইহা দহনের সময় চড় বড় করিয়া আওয়াজ হয। সেইজন্য ইহাকে অনেক সময় প্যারট কোলও (parrot-coal) বলা হয়। ইহাতে 83% কার্বন থাকে। **এ্যানথ্রেসাইট কয়লা** (**Anthracite**) বা শক্ত কয়লা কযলার শেষরূপ। ইহাতে 94% কার্বন থাকে। ইহার জ্বালানী ক্ষমতা সর্বাধিক। ইহা রন্ধন কার্য্যে এবং ধাতু নিষ্কাশনে (extraction) ব্যবহৃত হয়।

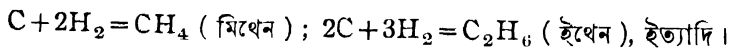
কোক (**Coke**) :—বদ্ধ পাত্রে কয়লাকে অন্তর্ধূমপাতন করিলে কয়লায় অবস্থিত মৌল কার্বন পাত্রে অবশিষ্ট থাকিয়া যায়। ইহাকে কোক কয়লা বলা হয়। উচ্চতাপে অন্তর্ধূমপাতন (destructive distillation) করিয়া যে কোক পাওয়া যায় তাহাকে হার্ডকোক (hard coke) এবং নিম্নতাপে অন্তর্ধূম পাতন করিয়া যে কোক পাওয়া যায় তাহাকে সফ্ট কোক (soft coke) বলা হয়। হার্ডকোক ধাতু নিষ্কাশনে ও সফ্ট কোক রন্ধনকার্য্যে ব্যবহৃত হয়।

গ্যাস কার্বন (**Gas Carbon**) :—কোক উৎপাদনের সময় পাতন পাত্রের গায়ে কিছু কার্বনের সূক্ষ্মকণা জমিতে দেখা যায়। ইহাকে গ্যাস কার্বন বলা হয়। গ্যাস কার্বন তাপ ও বিদ্যুতের সুপরিবাহী। ইহা তড়িৎদ্বার (electrode) নির্মাণে অধিক ব্যবহৃত হয়।

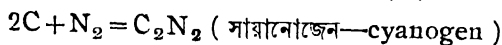
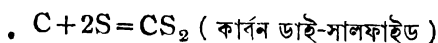
কার্বনের ধর্ম (**Properties of Carbon**) :—কার্বনের বিভিন্ন রূপ বর্তমান থাকিলেও সকল রূপেই কার্বনের কিছু সাধারণ ধর্ম আছে। যথা—সকল প্রকার কার্বন সাধারণভাবে অদ্রাব্য এবং জল, ক্ষার ও অধিকাংশ এ্যাসিডেই বিক্রিয়াহীন। কার্বন

বায়ুতে বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলেই জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$2C+O_2=2CO; \quad C+O_2=CO_2$$

হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া কার্বন অসংখ্য হাইড্রোকার্বন শ্রেণীর যৌগ গঠন করে। যেমন,

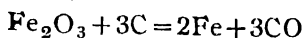
$C+2H_2=CH_4$ (মিথেন); $2C+3H_2=C_2H_6$ (ইথেন), ইত্যাদি।

লোহিত তপ্ত কার্বনের সহিত সালফার বাষ্প সংযুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-সালফাইড এবং নাইট্রোজেন যুক্ত হইয়া সায়ানোজেন উৎপন্ন হয়।

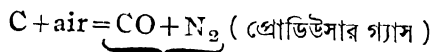
$C+2S=CS_2$ (কার্বন ডাই-সালফাইড)

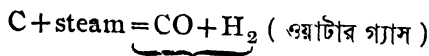
$2C+N_2=C_2N_2$ (সায়ানোজেন—cyanogen)

উত্তপ্ত ধাতু যথা ক্যালসিয়াম, এ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতির সহিত কার্বন কার্বাইড (carbide) শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন করে।

$$Ca+2C=CaC_2; \quad 4Al+3C=Al_4C_3$$

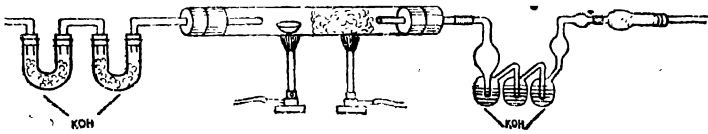
কার্বনের বিজারণের ক্ষমতা প্রবল। বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড কার্বনের সহিত উত্তপ্ত করিলে বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়।

$$Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$$

অতি তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া বায়ু প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড ও নাইট্রোজেনের একটি মিশ্র গ্যাস পাওয়া যায়। এই মিশ্রকে **প্রোডিউসার গ্যাস** (**Prod cer gas**) বলে।

$C+air=\underbrace{CO+N_2}$ (প্রোডিউসার গ্যাস)

সেইরূপ অতি তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের একটি মিশ্র গ্যাস পাওয়া যায়। এই মিশ্র গ্যাসকে **ওয়াটার গ্যাস** (**ater gas**) বলে।

$C+steam=\underbrace{CO+H_2}$ (ওয়াটার গ্যাস)

প্রোডিউসার গ্যাস ও ওয়াটার গ্যাস উভয়ই জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়।

কার্বনের বহুরূপগুলি একই মৌল কার্বন দ্বারা গঠিত (The Allotropic Modifications of Carbon—all consists of the same element carbon) :—কার্বনের যে রূপই লওয়া হউক না কেন ইহাকে বিশুদ্ধ অবস্থায় অক্সিজেনে দহন করিলে দেখা যায় যে, 12 ভাগ ওজনের কার্বন হইতে 44 ভাগ ওজনের কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা :—একটি পোর্সিলেন নৌকায় (Procelain boat) যে-কোন একপ্রকার বিশুদ্ধ কার্বন (ধরা যাক গ্রাফাইট) লইয়া নৌকাটি ওজন করা হইল। এখন নৌকাটি একটি শক্ত দাহ নলের (combustion tube) একপ্রান্তে রাখা হইল। নলের অধিকাংশ স্থান কপার অক্সাইডের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র দানা দ্বারা পূর্ণ করা হইল। কাচনলের দুইমুখে কর্কের সাহায্যে দুইটি কাচনল লাগান হইল। নৌকার দিকে সরু নল দিয়া বিশুদ্ধ অক্সিজেন প্রবাহিত করা হয় এবং অপর প্রান্তের সরুনলের সহিত গাঢ় কষ্টিক পটাশ (KOH) দ্রবণপূর্ণ বাল্‌ব যুক্ত করা থাকে। শেষের পটাশ বাল্‌বটি একটি ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ ছোট নলের সহিত যুক্ত থাকে। প্রথমে পটাশ বাল্‌বগুলি

কার্বনের বহুরূপগুলি সকলেই কার্বন

ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ নলটি একত্রে ওজন করিয়া দাহনলের সহিত যুক্ত করা হয়। এখন বুন্‌সেন দীপ দ্বারা প্রথমে কপার অক্সাইডকে লোহিত তপ্ত করিয়া বোটটিকে উত্তপ্ত করা হয় এবং ধীরে ধীরে অক্সিজেন গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। কার্বন পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইবে এবং উহা পটাশ বাল্‌বে শোষিত হইবে। যদি কিছু কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় উহা উত্তপ্ত কপার অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইয়া পটাশ বাল্‌ব দ্বারা শোষিত হইবে। যখন নৌকাতে কিছু ভস্ম (ash) ভিন্ন আর কিছুই অবশিষ্ট থাকিবে না তখন পটাশ বাল্‌ব ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নল একত্রে শীতল করিয়া পুনরায় ওজন করা হয়।

পরীক্ষার-পূর্বে নৌকা + গ্রাফাইটের ওজন $= w_1$ গ্রাম

পরীক্ষার পর নৌকা + ভস্মের ওজন $= w_2$ গ্রাম

অতএব কার্বনের ওজন $= (w_1 - w_2)$ গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে কষ্টিক পটাশ বাল্‌ব + ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নল $= w_3$ গ্রাম

পরীক্ষার পর " + " + কার্বন ডাইঅক্সাইড $= w_4$ গ্রাম

অতএব কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $= (w_4 - w_3)$ গ্রাম

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যাইবে, $\frac{w_4 - w_3}{w_1 - w_2} = \frac{44}{12} = \frac{11}{3}$

এইরূপে গ্রাফাইটের পরিবর্তে কার্বনের অন্যান্য বহুরূপ লইয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, প্রতি ক্ষেত্রেই এক গ্রাম কার্বন হইতে $\frac{11}{3}$ বা 3·67 গ্রাম (প্রায়) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড

(Carbon Dioxide)

আণবিক সংকেত—CO_2 আণবিক গুরুত্ব—44

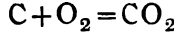
ইতিহাস (History) :—১৬৩০ খৃষ্টাব্দে ডার্চ রসায়নবিদ **ভ্যান হেলমণ্ট (Van Helmont)** কাঠ এবং অন্যান্য জৈব পদার্থ দহন করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড *গ্যাসটি প্রথম আবিষ্কার করেন। তিনি এই গ্যাসটির নাম দেন* 'গ্যাস সিলভেস্টার' (gas sylvestre)। ১৭৫৫ খৃষ্টাব্দে জোসেফ ব্ল্যাক (Joseph Black) পরীক্ষা করিয়া দেখেন, চূণাপাথর (limestone) উত্তপ্ত করিলে বা চূণাপাথরের সহিত লঘু এ্যাসিডের বিক্রিয়ায় এই গ্যাসটি উৎপন্ন হয়। তিনি ইহার নাম দেন ফিক্সড এয়ার (Fixed air)। ১৭৮১ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার কার্বনের সহিত অক্সিজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটাইয়া ইহা প্রস্তুত করেন। তিনি ইহার নাম দেন কার্বনিক এ্যাসিড গ্যাস (Acide Carbonique)। পরে এই গ্যাসটি কার্বন ডাই-অক্সাইড নামে পরিচিত হইয়াছে।

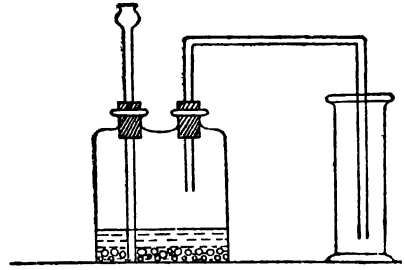
অবস্থান (Occurrence) :—মুক্ত অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ুতে, ঝরণার জলে ও কয়লার খনিতে পাওয়া যায়। জীবজন্তুর নিঃশ্বাসের সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। কার্বনযুক্ত পদার্থের দহনে, জৈব পদার্থের দহনে, চিনি, সুরা প্রভৃতি জৈব পদার্থের পচনক্রিয়ায় এই গ্যাস উৎপন্ন হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায়। আমেরিকার অনেকস্থানে ভূগর্ভের ফাটল হইতে এই গ্যাস নির্গত হয় এবং বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ভূপৃষ্ঠের ঠিক উপরি-ভাগেই থাকিয়া যায়। এই গ্যাসের পরিবেশে কোন প্রাণী বাঁচে না ফলে এরূপ স্থানে কোন প্রাণী যাইলে অক্সিজেন অভাবে দম বন্ধ হইয়া মরিয়া যায়। যাভায় একটি উপত্যকা আছে উহার নিম্নদেশে এই গ্যাসের তিন ফিট গভীর স্তর আছে। এই উপত্যকায় যে-কোন প্রাণী যাইলেই মরিয়া যায়। সেইজন্য ইহাকে 'মরণ উপত্যকা' (Valley of Death) বলা হয়। ইটালীর নেপ্‌লস্ সহরের সামনেও এরূপ একটি 'মারণ খাদ' আছে। অনেক সময় শুষ্ক কূপে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস থাকার ফলে মানুষ নামিলে মরিয়া যায়।

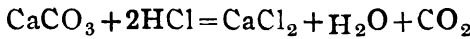
চূণের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় ইহা ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। ইহা চূণাপাথর, মার্বেল পাথর ও খড়িমাটির ($CaCO_3$) উপাদান। ইহা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সহিত ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট ($MgCO_3$) গঠন করে। উহা ম্যাগ্‌নেসাইট নামক খনিজ পদার্থে পাওয়া যায়।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতি :
(Preparation of Carbon Dioxide)

কাঠ, কয়লা, পেট্রোল, মোম, কাগজ প্রভৃতি জৈব জাতীয় পদার্থ দহন করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈয়ারী হয়।

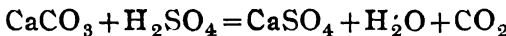
$$C + O_2 = CO_2$$

ইহা ছাড়া কার্বনেট লবণের উপর এ্যাসিডেব প্রক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষাগার পদ্ধতি (**Laboratory Preparation**) :—কিছু মার্বেল পাথরের টুকরা বা চকের গুঁড়া ($CaCO_3$) একটি উলফ্ বোতলে (Woulfe's Bottle) লওয়া হইল। বোতলের একটি মুখ একটি দীর্ঘনল ফানেল (thistle funnel) কর্কের সাহায্যে আটকান হইল এবং দেখা হইল যেন ইহার শেষ প্রান্তটি বোতলের তলা পর্যন্ত প্রবেশ করে। বোতলের অপর মুখে কর্কের সাহায্যে একটি নির্গম-নল (delivery tube) এমনভাবে লাগান হইল যাহাতে ইহার একটি প্রান্ত কর্কের ঠিক নীচেই থাকে এবং অপর প্রান্তটি পার্শ্বে রক্ষিত একটি শূন্য গ্যাসজারের তলদেশ পর্যন্ত পৌছায়। এখন দীর্ঘনল দিয়া কিছু জল বোতলে ঢালিয়া ইহার মধ্যে ধীরে ধীরে লঘু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড ঢালা হইল। এ্যাসিডের সহিত মার্বেলের সংস্পর্শের সঙ্গে সঙ্গেই রাসায়নিক ক্রিয়া আরম্ভ হইবে এবং ভুর ভুর করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হইবে।

পরীক্ষাগারে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

এই গ্যাস বায়ু অপেক্ষা প্রয় দেড়গুণ ভারী এবং জলে দ্রবণীয়। সেইজন্য বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা (upper displacement of air) গ্যাসটি জারে সংগ্রহ করা হয়।

পরীক্ষাগারে কিপ্-যন্ত্রের (Kipp's Apparatus) সাহায্যেও ইহা প্রস্তুত করা যায়।

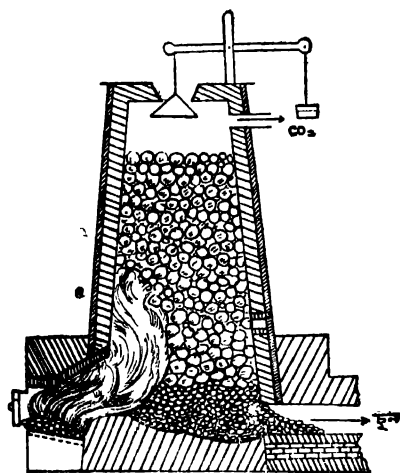
[হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের পরিবর্তে লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড দ্বারাও ইহা প্রস্তুত করা যায়।

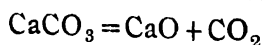
$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

কিন্তু ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) লবণটি জলে অদ্রবণীয় এবং উৎপন্ন হওয়ার

সঙ্গে সঙ্গে মার্বেলের উপর কঠিন আস্তরণরূপে জমা হইতে থাকে। ফলে রাসায়নিক ক্রিয়া মন্থর হইয়া যায় এবং গ্যাস উৎপন্নও বন্ধ হইয়া যায়।]

পরীক্ষাগার পদ্ধতিতে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডে কিছু পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের বাষ্প থাকে। এই গ্যাসকে এ্যাসিডমুক্ত করিবার জন্য প্রথমে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণের মধ্য দিয়া এবং শুষ্ক করিবার জন্য গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া পারদের উপর সংগ্রহ করিলে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়।

শিল্প পদ্ধতি (Commercial Preparation)ঃ—তাপ প্রয়োগ করিলে চূণাপাথর (limestone), মার্বেল (marble) বা চক (chalk) জাতীয় যৌগিক পদার্থ বিয়োজিত (decompose) হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও পোড়া চূণ (CaO) তৈয়ারী হয়। এইজন্য শিল্পে চূণ উৎপন্ন করার সময় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উপজাত দ্রব্য (bye-product) রূপে পাওয়া যায়।

চূণাপাথর (Limestone) পোড়াইয়া চূণ প্রস্তুতের পদ্ধতি সুপ্রাচীন। এই পদ্ধতিতে সবিরাম (continuous) চূণ উৎপাদনের জন্য একটি ভাটি বা লাইম-কিলন্ (lime-kiln) তৈয়ারী করা হয়। এই ভাটিটি ইট দিয়া তৈয়ারী এবং দেখিতে চিমনির মত। ইহার নীচের দিকে বায়ু প্রবেশের ব্যবস্থা থাকে। ভাটির গোড়ার দিকে একপার্শ্বে একটি কক্ষে কয়লা জ্বালান হয় এবং উত্তপ্ত গ্যাস ভাটির ভিতর পরিচালিত করা হয়। ইহার অপর পার্শ্বে পোড়া চূণ নির্গমনের একটি দরজা থাকে। উপর হইতে চূণাপাথর ঢালিয়া প্রথমে ভাটিটি ভর্তি করা হয়। তারপর কয়লা জ্বালাইয়া তপ্ত গ্যাসে চূণাপাথর উত্তপ্ত করা হয়। ভাটির মধ্যে উষ্ণতা প্রায় 1000°C হইলে, চূণাপাথর (limestone) বিয়োজিত হইয়া পোড়া চূণে পরিণত হয়।

চূণ ভাটি

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ভাটির মাথার দিকে নির্গম নালা দিয়া বাহির হইয়া যায় এবং পোড়া চূণ নীচের দরজা দিয়া বাহির করিয়া আনা হয়।

ইহা ছাড়া চিনি বা গুড় হইতে মদ্য প্রস্তুতের সময় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম :
(Properties of Carbon Dioxide)

ভৌতধর্ম (Physical Properties) :—কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন, গন্ধহীন এবং সামান্য অম্লস্বাদযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী। ইহা বিষাক্ত নয়। কিন্তু এই গ্যাসে দম লওয়া যায় না, ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গৃহে জীবের মৃত্যু ঘটে। এই গ্যাস জলে সমপরিমাণে দ্রবণীয়। কিন্তু চাপ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণীয়তাও বৃদ্ধি পায়। গ্যাস-দ্রবীভূত জল উত্তপ্ত করিলে আবার কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া যায়।

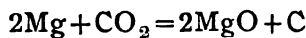
বাজারে যে সোডাওয়াটার বা লিমোনেড বিক্রয় হয় তাহাতে উচ্চচাপে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত করিয়া রাখা হয়। বোতলের মুখ বন্ধ অবস্থায় চাপের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বেশী পরিমাণে জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। কিন্তু বোতলের মুখ খুলিলে চাপ হ্রাস পায়। ফলে জলীয় দ্রবণ হইতে ভুর ভুর করিয়া গ্যাস নির্গত হইতে থাকে।

চাপ ও শৈত্যের প্রভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে তরল এবং পরে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করা যায়। কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড দেখিতে বরফের ন্যায় এবং ইহাকে "**শুষ্ক বরফ**" বা "**ড্রাই আইস**" (**Dry Ice**) বলা হয়।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দাহক বা দহনের সহায়ক নহে।

পরীক্ষা :—একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত কাঠি বা বা মোমবাতি প্রবেশ করাইলে ইহা তৎক্ষণাৎ নিভিয়া যাইবে এবং গ্যাসটিও জ্বলিবে না।

কিন্তু জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম, পটাশিয়াম প্রভৃতি ধাতু কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে জ্বলিতে থাকিবে। তাহার কারণ উত্তপ্ত ধাতুর সংস্পর্শে গ্যাসটি বিয়োজিত হইয়া কার্বন ও অক্সিজেনে পরিণত হয় এবং সেই অক্সিজেনে ম্যাগনেসিয়াম দগ্ধ হইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়।

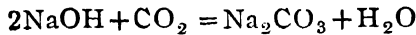
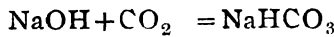
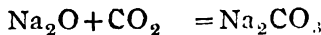
$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$

পরীক্ষা :—একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তার প্রবেশ করাইলে তারটি জ্বলিতে থাকিবে এবং জারের গায়ে কাল দাগ (black stain) পড়িবে। কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে সমপরিমাণে দ্রবণীয়, এবং জলীয় দ্রবণে

এ্যাসিডের ধর্ম প্রকাশ পায়। এই এ্যাসিডকে **কার্বনিক এ্যাসিড (Corbonic acid)** বলে। এই এ্যাসিড খুব মৃদু এবং অস্থায়ী। কার্বন ডাই-অক্সাইড এ্যাসিড উৎপন্ন করে বলিয়া ইহাকে **এ্যাসিডিক অক্সাইড** বলা হয়।

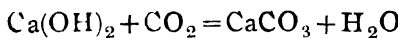
$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$ (কার্বনিক এ্যাসিড)

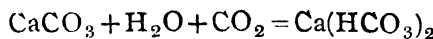
পরীক্ষা :—একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে দু চার ফোঁটা জল ফেলিয়া ঝাঁকাইয়া লইলে গ্যাসটি জলে দ্রবীভূত হইবে। এই জলীয় দ্রবণে একটি নীল লিটমাস কাগজ ফেলিয়া দিলে ইহা লাল হইয়া যাইবে।

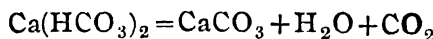
কার্বন ডাই-অক্সাইড কঠিন ক্ষার বা ক্ষারক, অথবা উহাদের দ্রবণে শোষিত হইয়া কার্বনেট অথবা বাইকার্বনেট লবণ উৎপন্ন করে।

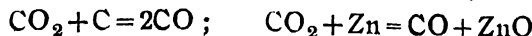
$$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$$
$$NaOH + CO_2 = NaHCO_3$$
$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

এই বিক্রিয়াগুলিতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের মাত্রা অধিক থাকিলে কার্বনেট লবণ এবং ক্ষারের মাত্রা অধিক থাকিলে বাইকার্বনেট লবণ উৎপন্ন হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড চূণের জলের সহিত বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে বলিয়া চূণের জল ঘোলা হইয়া যায়।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

কিন্তু অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ঐ দ্রবণে প্রবাহিত করিলে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণটি স্বচ্ছ ও বর্ণহীন হইয়া যায়।

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

এই স্বচ্ছ দ্রবণটি উত্তপ্ত করিলে, ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট পুনরায় বিয়োজিত হইয়া ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয় এবং দ্রবণটি ঘোলা হইয়া যায়।

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

পরীক্ষা :—পরীক্ষাগার পদ্ধতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইলে নির্গম নলটি একটি পরীক্ষানলে (test tube) রক্ষিত চূণ-জলে প্রবেশ করাইলে দেখা যাইবে যে, চূণজলটি ধীরে ধীরে ঘোলা হইতেছে এবং আরও কিছুক্ষণ গ্যাস প্রবাহিত করিলে চূণজল স্বচ্ছ ও বর্ণহীন হইয়া যাইবে। এই স্বচ্ছ চূণজলটি ঈষৎ উত্তপ্ত করিলেই পুনরায় ঘোলা হইয়া যাইবে। কার্বন ডাই-অক্সাইড উত্তপ্ত কার্বন, জিংক বা লৌহের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে ইহা বিজারিত (reduced) হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

$$CO_2 + C = 2CO ; \quad CO_2 + Zn = CO + ZnO$$

কার্বন ডাই-অক্‌সাইডের ব্যবহার (Uses of Carbon Dioxide) :— কার্বন ডাই-অক্‌সাইড পানীয় সোডাওয়াটার বা লিমোনেড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। অনেক সময় জলের মধ্যে নানারকম কঠিন ও গ্যাসীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকে। এরূপ জলে এক রকম স্বাদ পাওয়া যায়। এই স্বাদযুক্ত জলকে **খনিজ জল (Mineral Water)** বলা হয়। সোডাওয়াটার ও লিমোনেডেও এরূপ স্বাদ পাওয়া যায়। সেইজন্য ইহাদিগকে কৃত্রিম খনিজ জল বলা হয়। এরূপ খনিজ জল (mineral water) হজমের বিশেষ সহায়ক ও অম্লনিবারক। কার্বন ডাই-অক্‌সাইড গ্যাসকে 0°C উষ্ণতায় ও 40 বায়ুমণ্ডলের চাপে তরল করা যায়। এই অবস্থায় তরল গ্যাসকে স্টীলের সিলিণ্ডারে (cylinder) ভরিয়া রাখা হয়। সিলিণ্ডারের মুখে একটি ফ্লানেল ব্যাগ (Flannel bag) বাঁধিয়া মুখটি হঠাৎ খুলিয়া দিলে চাপ কমিয়া যায় এবং তরল কার্বন ডাই-অক্‌সাইড দ্রুত বাষ্পীভূত হয়। ফলে তরল গ্যাসের কিছু অংশ ব্যাগের মধ্যে তুষারের আকারে জমিয়া উঠে। এরূপ জমানো কার্বন ডাই-অক্‌সাইডকে বলা হয় **শুষ্ক বরফ (Dry Ice)**। সাধারণ বরফ গলিয়া জলে পরিণত হয় কিন্তু কঠিন কার্বন ডাই-অক্‌সাইড তরলে পরিণত না হইয়া সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়। সেইজন্য শুষ্ক বরফে কোন তরলের সিক্ততা নাই। এই শুষ্ক বরফ (dry ice) হিমায়ন (refrigeration) কার্যে প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

কার্বন ডাই-অক্‌সাইড কাপড়কাচা সোডা (washing soda) বা সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতে, বেকিং পাউডার প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। কার্বন ডাই-অক্‌সাইড গ্যাসের মধ্যে আগুন জ্বলে না, সেইজন্য ইহা **অগ্নি-নির্বাপক (Fire Extinguisher)** হিসাবে প্রচুর ব্যবহৃত হয়। বিভিন্ন কল-কারখানায়, সিনেমা হলে, সরকারী ভবনে, কলেজে **অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র** ঝুলাইয়া রাখা হয়। এই যন্ত্রটি শঙ্কু আকৃতির (conical) একটি ধাতব আধারে প্রস্তুত। ইহার ভিতর সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ ও একটি কাচের নলে (acid tube) লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড থাকে। যন্ত্রের মুখে একটি ধাতব বল (knob) থাকে এবং বলের সঙ্গে একটি দণ্ড (Plunger) যুক্ত থাকে। ব্যবহার করিবার সময় ধাতব বলটিতে জোরে চাপ দিতে হয় ; এই চাপে উহার উপরিস্থ দণ্ডটি এ্যাসিডপূর্ণ কাচনলটি ভাঙ্গিয়া ফেলে। ফলে এ্যাসিড সোডিয়াম কার্বনেটের সংস্পর্শে আসে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রচুর কার্বন ডাই-অক্‌সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই অতিরিক্ত গ্যাসের চাপে জল ও গ্যাসের

অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র

মিশ্রণ বেগে বাহির হইয়া আগুনের উপর নিঃক্ষিপ্ত হয় এবং আগুন নিভিয়া যায়। সিলিণ্ডারের গ্যাস নির্গমনের মুখটি প্রয়োজন মত এদিক-সেদিক ঘুরাইয়া আগুনের দিকে ধরিতে হয়। তেল বা পেট্রোলের আগুন নিভাইতে যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাহাতে ফটকিরি ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ থাকে। প্রাকৃতিক কার্বন ডাই-অক্সাইড উদ্ভিদ নিজেদের খাদ্যরূপে গ্রহণ করে।

নিরীক্ষণ (Tests) :—ইহা একটি বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাস।

এই গ্যাসে জ্বলন্ত কাঠি বা মোমবাতি প্রবেশ করাইলে উহা নিভিয়া যাইবে। এই গ্যাসে সামান্য স্বচ্ছ চুণ জল ফেলিলে চুণ জল ঘোলা হইবে। এই গ্যাসে সামান্য জল দিলে গ্যাসটি দ্রবীভূত হইবে। দ্রবণে একটি নীল লিটমাস কাগজ ফেলিলে উহা লাল হইয়া যাইবে।

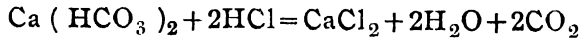
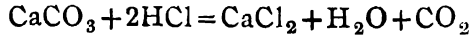
কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট :
(Carbonates and Bicarbonates)

কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ কার্বনিক এ্যাসিডে (H_2CO_3) দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন (replaceable hydrogen) আছে। সুতরাং ইহা ক্ষার ও ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় দুই প্রকারের লবণ গঠন করে। একটি এ্যাসিড লবণ (acid salt or bisalt)—ইহাকে বাই-কার্বনেট বলে এবং অপরটি শমিত লবণ (normal salt)—ইহাকে কার্বনেট বলে। কার্বনিক এ্যাসিড বিশুদ্ধাবস্থায় দ্রবণ-মুক্তরূপে পাওয়া যায় না এবং ইহা অতি মৃদু এ্যাসিড। কিন্তু কার্বনেট লবণ খুব স্থায়ী এবং অধিকাংশ ধাতব কার্বনেট কঠিন পদার্থ। সোডিয়াম, পটাশিয়াম ছাড়া অপর ধাতব বাই-কার্বনেটগুলি অস্থায়ী। চুণাপাথর, মার্বেল, খড়িমাটি, মুক্তা প্রভৃতি ক্যালসিয়াম কার্বনেটেরই বিভিন্ন রূপ। সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) অণুর সহিত যখন স্ফটিকজল (water of crystallisation) যুক্ত থাকে তখন ইহা **কাপড়কাচা সোডা (washing soda)** রূপে পরিচিত। ইহার সংকেত (formula) হইল $Na_2CO_3, 10H_2O$; কাপড়কাচা সোডা একটি উদত্যাগী (efflorescent) পদার্থ। ইহাকে শুষ্ক করিলে নয়টি স্ফটিক জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং পাউডারে পরিণত হয়। ইহা ছাড়া K_2CO_3, $MgCO_3$, $ZnCO_3$ প্রভৃতি ধাতব কার্বনেট আছে।

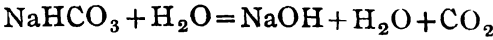
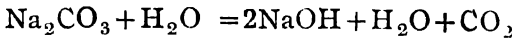
ক্ষার ও ক্ষারকের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের বিক্রিয়ায় কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট গঠিত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ কম থাকিলে কার্বনেট লবণ ও বেশী থাকিলে বাইকার্বনেট লবণ উৎপন্ন হয়।

সোডিয়াম, পটাশিয়াম এবং এ্যামোনিয়াম কার্বনেট ব্যতীত সকল ধাতব কার্বনেট জলে অদ্রাব্য। কিন্তু সকল বাই-কার্বনেটই জলে দ্রাব্য। সকল কার্বনেট এবং বাই-কার্বনেট লবণ এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

$$Ca(HCO_3)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O + 2CO_2$$

দ্রাব্য কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট লবণ, জলের সহিত আর্দ্র বিশ্লিষ্ট (hydrolysis) হইয়া ক্ষার উৎপন্ন করে।

$$Na_2CO_3 + H_2O = 2NaOH + H_2O + CO_2$$

$$NaHCO_3 + H_2O = NaOH + H_2O + CO_2$$

এই কারণে সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডা ক্ষাররূপে কাপড় কাচিতে এবং সোডিয়াম বাই-কার্বনেট মৃদুক্ষাররূপে ঔষধাদিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া সোডিয়াম কার্বনেট সাবান, কাচ, কাগজ, সুতি ইত্যাদি বিভিন্ন শিল্পে ব্যবহৃত হয়। চুণাপাথর ধাতুশিল্পে এবং চূণ ও সিমেণ্ট প্রস্তুত করিতে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। মার্বেল সাধারণতঃ মূল্যবান প্রস্তররূপে গৃহাদিতে ব্যবহৃত হয়। খড়িমাটি রবার শিল্পে ও কাগজ প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

বাই-কার্বনেট লবণগুলির মধ্যে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট (sodium bicarbonate) প্রধান। ইহা ঔষধে এবং পাঁউরুটির কারখানায় **বেকিং পাউডার (baking Powder)** প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ও পটাশিয়াম হাইড্রোজেন টার্টারেট (tartarate) মিশাইয়া বেকিং পাউডার প্রস্তুত হয়। রুটির কারখানায় ময়দার সঙ্গে বেকিং পাউডার মিশান হয়। উত্তাপ দিলে এই মিশ্রণ হইতে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় তাহা রুটি বা বিস্কুটকে স্ফীত ও ঝাঁঝরা করিয়া তোলে।

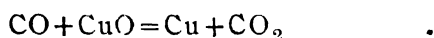
কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংযুতি :
(Composition of Carbon Dioxide)

তৌলিক সংযুতি (Gravimetric Composition) :—এই পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ অঙ্গারকে (charcoal) বিশুদ্ধ অক্সিজেনে দহন করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করা হয় এবং উহা কষ্টিক পটাশ (KOH) দ্রবণে শোষণ করাইয়া ওজন লওয়া হয়।

ডুমা'র পরীক্ষা (Duma's Experiment)—একটি ছোট পোর্সিলেন নৌকায় (porcelain boat) অল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ শর্করা অঙ্গার (sugar charcoal) লইয়া

নৌকাটির ওজন লওয়া হয়। [যন্ত্রের চিত্র ও বিবরণ কার্বনের বহুরূপগুলি একই মৌল কার্বন দ্বারা গঠিত অংশে দ্রষ্টব্য।]

পরীক্ষার পূর্বে পটাশ বাল্‌ব ও ক্যালসিযাম ক্লোরাইডপূর্ণ নলটি একত্রে ওজন করিয়া লওয়া হয়। এখন অক্‌সিজেন সরবরাহ যন্ত্র হইতে নির্গত অক্‌সিজেন গ্যাসকে প্রথমে জলীয় বাষ্প মুক্ত করিবার জন্য গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া কষ্টিক পটাশপূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া দাহনলে ধীরে ধীরে প্রবাহিত করা হয়। প্রথমে কপার অক্‌সাইডের নীচের দীপগুলি প্রজ্জ্বলিত করিয়া নৌকার নীচের বুনসেন দীপটি প্রজ্বলিত করা হয়। নৌকার শকরা অঙ্গার ও অক্‌সিজেন সংযোগে কার্বন ডাই-অক্‌সাইড উৎপন্ন হয়; উহা অক্‌সিজেন প্রবাহদ্বারা চালিত হইয়া পটাশ বালবের কষ্টিক পটাশ দ্বারা শোষিত হয়। কিছু কার্বন মনোক্‌সাইড (CO) গ্যাস উৎপন্ন হইলে তাহা তপ্ত কপার অক্‌সাইড দ্বারা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্‌সাইডে পরিণত হয়।

$$CO+CuO=Cu+CO_2$$

যদি অক্‌সিজেন প্রবাহে পটাশ বাল্‌ব হইতে কোন জলীয় বাষ্প বিতাড়িত হয় তাহা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়। দহন সম্পন্ন হইলে পটাশ দ্রবণের মধ্যে কোন বুদবুদ দেখা যাইবে না। বিক্রিয়াশেষে দীপগুলি নিভাইয়া দেওয়া হয়, কিন্তু নলটি সম্পূর্ণ শীতল না হওয়া পর্যন্ত অক্‌সিজেন প্রবাহ চালাইতে হয়। যন্ত্র শীতল হইলে ভস্মসহ নৌকাটির ওজন লওয়া হয় এবং পটাশ বাল্‌ব ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নলসহ ওজন লওয়া হয়।

ধরা যাক্‌ পরীক্ষার পূর্বে নৌকা + অঙ্গারের ওজন = a গ্রাম

" " পটাশ বাল্‌ব + ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নলের ওজন = c গ্রাম

পরীক্ষার পরে নৌকা + ভস্মের ওজন = b গ্রাম

" " পটাশ বাল্‌ব + ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নলের ওজন = d গ্রাম

সুতরাং কার্বনের ওজন $=(a-b)$ গ্রাম

কার্বন ডাই-অক্‌সাইডের ওজন $=(d-c)$ গ্রাম

অক্‌সিজেনের ওজন $=\{(d-c)-(a-b)\}$ গ্রাম

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় কার্বন ডাই-অক্‌সাইডে—

কার্বনের ওজন : অক্‌সিজেনের ওজন $=3:8$

সুতরাং 8 ভাগ অক্‌সিজেন 3 ভাগ কার্বনের সহিত যুক্ত হইয়া 11 ভাগ কার্বন ডাই-অক্‌সাইড উৎপন্ন করে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প ঘনত্ব = 22

এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী ইহার আণবিক গুরুত্ব = $2 \times 22 = 44$

উপরের পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে—

11 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন আছে = 3 গ্রাম

সুতরাং 44 গ্রাম „ „ „ „ $= \frac{3}{11} \times 44 = 12$ গ্রাম

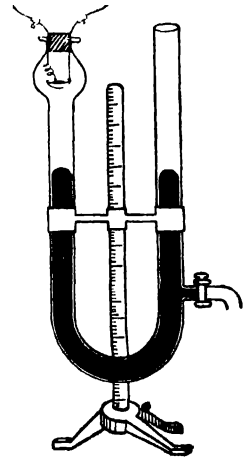
এবং 44 গ্রাম „ „ অক্সিজেন আছে $= \frac{8}{11} \times 44 = 32$ গ্রাম

কার্বনের এক গ্রাম-পরমাণুর ওজন = 12 গ্রাম এবং অক্সিজেনের দুই গ্রাম-পরমাণুর ওজন $= 2 \times 16 = 32$ গ্রাম। সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডে আছে একটি কার্বন পরমাণু ও দুইটি অক্সিজেন পরমাণু।

অতএব কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত CO_2।

আয়তনিক সংযুতি (Volumetric Composition) :—এই পদ্ধতিতে U-আকৃতির একটি ইডিয়োমিটার (eudiometer) লওয়া হয়। ইহার একপ্রান্ত খোলা থাকে এবং অপর প্রান্তে একটি কাচের বড় বাল্ব থাকে। বাল্বের মুখটি একটি কাচের ছিপি (glass stopper) দ্বারা বায়ু-নিরুদ্ধ করা হয়। এই ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি মোটা তামার তার বাল্বের মধ্যে প্রবেশ করান হয়। একটি তারের প্রান্তে বাল্বের মধ্যস্থলে একটি তামার চামচ (spoon) থাকে। এই চামচটি একটি সরু প্লাটিনাম তারের সাহায্যে তামার অপর তারটির সহিত সংযুক্ত থাকে। খোলা নলের নীচের দিকে একটি স্টপ কক্ (stop cock) থাকে। প্রথমে খোলা মুখে পারদ ঢালিয়া সম্পূর্ণ ইডিয়োমিটারটি পারদ দ্বারা পূর্ণ করা হয়। ফলে ইডিয়োমিটারের বায়ু অপসারিত হয়। ইহার পর পারদ অপসারণ দ্বারা বাল্ব ও বদ্ধ বাহুর কিয়দংশ বিশুদ্ধ অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করা হয়। চামচের উপর প্লাটিনাম তারের সংস্পর্শে

কার্বন ডাই অক্সাইডের আয়তনিক সংযুতি

একখণ্ড বিশুদ্ধ অঙ্গার (charcoal) লইয়া অঙ্গারসহ তামার তার বাল্বের ভিতর প্রবেশ করাইয়া মুখটি ছিপি দ্বারা আটকাইয়া দেওয়া হইল। স্টপ কক্‌টি খুলিয়া U-নলের দুই পার্শ্বনলে পারদের স্তর সমতলে আনা হইল। এখন তামার তার দুইটি ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিলে প্লাটিনাম তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইবে; ফলে অঙ্গার প্রজ্জ্বলিত হইয়া বাল্বের মধ্যস্থ অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায়

কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইবে। সমস্ত অঙ্গার পুড়িয়া যাইলে তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করিয়া যন্ত্রকে শীতল হইতে দেওয়া হয়। যন্ত্র শীতল হইলে দেখা যাইবে পরীক্ষার পূর্বে অক্সিজেন গ্যাসের যে আয়তন ছিল পরীক্ষার পরে ঠিক সেই আয়তনই রহিয়াছে। অর্থাৎ যত আয়তন অকসিজেন ছিল ঠিক তত আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছে।

ইহাতে প্রমাণিত হয় যে কার্বন ডাই-অক্সাইডে নিজ আয়তনের অক্সিজেন থাকে।

সংকেত গণনা—এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয় যে এক আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইডে এক আয়তন অক্সিজেন আছে। অর্থাৎ

1 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইডে 1 c.c. অক্সিজেন আছে।

এ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে ধরা যাক সমচাপ ও তাপে 1 c.c. সকল গ্যাসেই n সংখ্যক অণু আছে। তাহা হইলে,

n কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুতে n অক্সিজেন অণু আছে,

1 " " " 1 " " "

অর্থাৎ 1 কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুতে 2 পরমাণু অক্সিজেন আছে।

[কারণ অক্সিজেন অণু দ্বিপরমাণক (diatomic)]

ধরা যাক, কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা x ;

তাহা হইলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের স্থূল সংকেত হইবে CxO_2

বাস্তব পরীক্ষায় জানা যায় কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প ঘনত্ব $= 22$

সুতরাং " " আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 22 = 44$

$\therefore \quad CxO_2 = 44$

বা $12 \times x + 2 \times 16 = 44$; বা $12x = 44 - 32 = 12$; বা $x = 1$

অতএব কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত হইল CO_2।

কার্বন মনোক্সাইড
(Carbon Monoxide)

আণবিক সংকেত—CO আণবিক গুরুত্ব—28

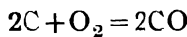
ইতিহাস (History) :—১৭৭৬ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **লাসোন (F. de Lassone)** সর্বপ্রথম লেড মনোক্সাইডকে (PbO) কার্বন দ্বারা বিজারিত করিয়া কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করেন। ১৭৯৬ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **প্রিস্টলী** লোহার অক্সাইড ও অঙ্গার

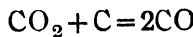
ব্যবহার করিয়া ইহা প্রস্তুত করেন। কিন্তু এই গ্যাসটি হাইড্রোজেন গ্যাসের ন্যায় নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে বলিয়া তাঁহারা এই গ্যাসের প্রকৃত গঠন বুঝিতে পারেন নাই। বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার দেখান যে এই গ্যাসটি দহন করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। অবশেষে ১৮০০ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **ক্রুইক্শ্যাংক (M. Cruick-shank)** এবং ১৮০১ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ক্লিমেন্ট (Clement) ও ডেসোরমস (Desormes) প্রমাণ করেন যে এই গ্যাসটি কার্বনের একটি অক্সাইড এবং ইহার প্রকৃত সংযুতি (composition) যে CO তাহা তাঁহারা নির্ণয় করেন। বহুদিন পর্য্যন্ত কার্বনের এই অক্সাইডটিকে **কার্বনিক অক্সাইড** বলা হইত, পরে ইহা কার্বন মনোক্সাইড নামে পরিচিত হয়।

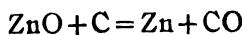
অবস্থান (Occurrence) :—কার্বন মনোক্সাইড মুক্ত অবস্থায় খুব কমই পাওয়া যায়। কার্বনজাতীয় পদার্থের দহনের সময় বায়ুর অভাব ঘটিলে এই গ্যাসটি উৎপন্ন হয়। সাধারণতঃ আগ্নেয়গিরি হইতে নির্গত গ্যাসে, কোল গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস প্রভৃতি জ্বালানী গ্যাসে ইহার অস্তিত্ব পাওয়া যায়।

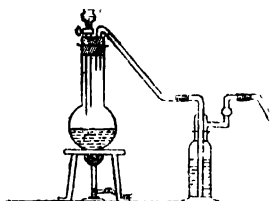
কার্বন মনোক্সাইডের প্রস্তুতি :
(Preparation of Carbon Monoxide)

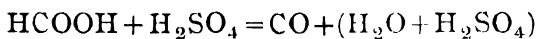
স্বল্প বায়ুতে বা অক্সিজেনে কার্বন দহন করিলে কাবন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$2C+O_2=2CO$$

1000°C-তে উত্তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া ধীরে ধীরে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে উহা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

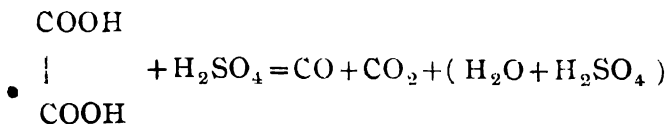
$$CO_2+C=2CO$$

জিংক অক্সাইড, লোহার অক্সাইড প্রভৃতি কোন কোন ধাতব অক্সাইডের সহিত অঙ্গার (charcoal) মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে অক্সাইডটি বিজারিত হইয়া যায় এবং কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$ZnO+C=Zn+CO$$

পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Laboratory Process) :—পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ উষ্ণ ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের সাহায্যে ফরমিক এ্যাসিড (Formic acid—HCOOH) হইতে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। একটি গোলাকার তল ফ্লাস্কে কিছুটা গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড লইয়া ফ্লাস্কটিকে ধারকের সাহায্যে আটকাইয়া বুন্‌সেন

দীপ দ্বারা প্রায় 100°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। ফ্লাস্কের মুখে একটি কর্কের সাহায্যে একটি নির্গম-নল ও একটি বিন্দুপাতী ফানেল (dropping funnel) যুক্ত করা হয়। বিন্দুপাতী-ফানেলটি হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফরমিক এ্যাসিডের ঘন দ্রবণ উত্তপ্ত সালফিউরিক এ্যাসিডের উপর ফেলা হয়। ইহাতে ফরমিক এ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। এখন নির্গম নলের মুখটি একটি জলভরা দ্রোণীতে রাখা হয়। জলভরা গ্যাসজার নির্গম নলের মুখে বসাইয়া কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। এই বিক্রিয়াতে সালফিউরিক এ্যাসিডের কোন পরিবর্তন ঘটে না। উহা কেবলমাত্র ফরমিক এ্যাসিড হইতে জল বিচ্ছিন্ন করিয়া উহাকে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

পরীক্ষাগারে কার্বন মনোক্সাইডের প্রস্তুতি

$$HCOOH + H_2SO_4 = CO + (H_2O + H_2SO_4)$$

অনেক সময় গ্যাসটির সহিত সামান্য পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) ও কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) মিশ্রিত থাকে বলিয়া উহাকে কষ্টিক পটাশ বা কষ্টিক সোডা দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া সংগ্রহ করা হয়।

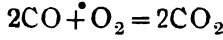
ফরমিক এ্যাসিডের পরিবর্তে বিচূর্ণ অক্সালিক এ্যাসিড (oxalic acid—$C_2H_2O_4$) ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মিশ্রণ ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করিয়াও কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} + H_2SO_4 = CO + CO_2 + (H_2O + H_2SO_4)$$

উৎপন্ন গ্যাস কষ্টিক পটাশ দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে কষ্টিক পটাশ কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া লয় এবং বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়।

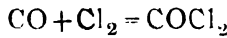
কার্বন মনোক্সাইডের ধর্ম :
(Properties of Carbon Monoxide)

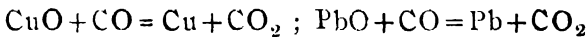
ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :—কার্বন মনোক্সাইড বর্ণহীন, স্বাদহীন, মৃদুগন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা জলে অতি অল্প দ্রবণীয়। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত। ইহার শ্বাস গ্রহণে প্রাণীর মৃত্যু ঘটে। অত্যন্ত শৈত্যের প্রভাবে ইহা তরল হয়।

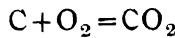
রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—কার্বন মনোক্সাইড দহনের সহায়ক নয় কিন্তু ইহা নিজে দাহ্য। বায়ুতে বা অক্সিজেনে ইহা নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে। দহনকালে ইহা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

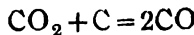
$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

পরীক্ষা :—কার্বন মনোক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত কাঠি ধরিলে কাঠিটি নিভিয়া যাইবে কিন্তু গ্যাসটি নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকিবে। এই জারে কিছু চূণ জল ফেলিয়া দিলে উহা ঘোলা হইয়া যাইবে।

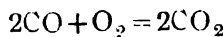
কার্বন পরমাণু সর্বদাই চতুর্যোজী (tetravalent) কিন্তু কার্বন মনোক্সাইডে কার্বন পরমাণু দ্বি-যোজী (divalent) পরমাণুর ন্যায় ব্যবহার করে। এই কারণে সূর্যালোকে কার্বন মনোক্সাইড ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া কার্বনিল ক্লোরাইড ($COCl_2$) উৎপন্ন করে।

$$CO + Cl_2 = COCl_2$$

কার্বন মনোক্সাইড সহজে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইতে পারে বলিয়া ইহা তপ্ত অবস্থায় বিজারকের (reducing agent) কাজ করে। ইহা বিভিন্ন ধাতুর তপ্ত অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে।

$$CuO + CO = Cu + CO_2 \; ; \; PbO + CO = Pb + CO_2$$

কয়লার উনানে যে নীলাভ শিখা দেখা যায় তাহা কার্বন মনোক্সাইড প্রজ্বলনের ফলে হয়। উনানের তলা দিয়া ভিতরে বায়ু প্রবেশ করার ফলে কয়লা জারিত হইয়া কার্বন ডাই অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$C + O_2 = CO_2$$

এই কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতি তপ্ত কয়লার ভিতর দিয়া উপরের দিকে যাওয়ার সময় বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

$$CO_2 + C = 2CO$$

এই কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উনানের বাহিরে বায়ুর সংস্পর্শে প্রজ্বলিত হইয়া নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

কার্বন মনোক্সাইডের ব্যবহার (Uses of Carbon Monoxide) :—ইহা ওয়াটার গ্যাস ও প্রোডিউসার গ্যাস অবস্থায় জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়। কার্বনিল জাতীয় পদার্থ উৎপাদনে, লোহা, নিকেল ও অন্যান্য ধাতু নিষ্কাশনের জন্য ব্যবহৃত

হয়। ইহা ছাড়া মিথাইল এ্যালকোহলের শিল্পোৎপাদনে ও বিজারক পদার্থরূপে ব্যবহৃত হয়।

নিরীক্ষণ (Tests) :—ইহা নীলাভ শিখায় জ্বলে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। উৎপন্ন গ্যাসে চূণজল ঢালিলে ঘোলা হইয়া যায়। কার্বন মনোক্সাইড এ্যামোনিয়া বা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে বাদামী করে। ইহা এ্যামোনিয়া বা হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।

কার্বন চক্র :
(Carbon Cycle)

প্রাণী ও উদ্ভিদ বায়ু হইতে প্রশ্বাসরূপে অক্সিজেন গ্রহণ করে এবং নিঃশ্বাসরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে। প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহের অক্সিজেন প্রয়োজন দেহকে উত্তপ্ত রাখার জন্য। প্রাণী সঞ্চরণশীল বলিয়া উদ্ভিদ অপেক্ষা অধিক পরিমাণে অক্সিজেন গ্রহণ করে। নিঃশ্বাস হইতে নির্গত কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ুতে মিশিয়া যায়। এই প্রক্রিয়ার দ্বারা প্রাণী ও উদ্ভিদ বাঁচিয়া থাকে। ইহা ছাড়া কল, কারখানা ও গৃহে কাঠ, কয়লা, তেল প্রভৃতি দাহ্য পদার্থের জ্বলন হইতে এবং জীবজন্তু ও উদ্ভিদের পচন হইতেও প্রচুর পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ফলে বায়ুতে অক্সিজেনের ভাগ কমিয়া যায় এবং কার্বন ডাই অক্সাইডের ভাগ বাড়িয়া যায়। এইরূপে যদি কেবলই বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের মাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং অক্সিজেনের মাত্রা হ্রাস পায় তাহা হইলে প্রাণীসকল শ্বাসরুদ্ধ হইয়া মরিয়া যাইবে। কিন্তু প্রকৃতির এমনই বিধান যে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণের বিশেষ কোন পার্থক্য ঘটে না—মোট পরিমাণ স্থির থাকে। ইহা তিনটি কারণে সংঘটিত হয়।

১। উদ্ভিদ পাতার সাহায্যে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস এবং শিকড়ের সাহায্যে মাটির রস গ্রহণ করে। উদ্ভিদের পাতায় **ক্লোরোফিল (Chlorophyll)** নামক একপ্রকার সবুজ রংয়ের তরল পদার্থ থাকে। ইহা সূর্যের আলোতে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে ভাঙ্গিয়া ফেলে এবং উদ্ভিদ কার্বন ডাই-অক্সাইডের কার্বন গ্রহণ করিয়া সম আয়তনে অক্সিজেন ত্যাগ করে। আলোর প্রভাবে উদ্ভিদের পাতার জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া এই কার্বন কার্বোহাইড্রেট (corbohydrate) নামে শর্করাজাতীয় খাদ্য তৈয়ারী করে। এইরূপে কার্বোহাইড্রেট গঠনের প্রণালীকে বলা হয় **আলোক সংশ্লেষণ** বা **ফটো সিনথিসিস (Photo-**

Synthesis)। কিন্তু রাত্রে সূর্যের আলো না থাকায় এই ক্রিয়া সংঘটিত হইতে পারে না। সেইজন্য উদ্ভিদ সূর্যের আলোতে অর্থাৎ দিনের বেলায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করিয়া অক্সিজেন পরিত্যাগ এবং রাত্রিবেলায় অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে। কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কার্বন আত্তীকরণ (carbon assimilation) ক্রিয়ায় ক্লোরোফিল প্রভাবকের (catalyst) কাজ করে। পৃথিবীতে যদি শুধু উদ্ভিদ থাকিত, তাহা হইলে অল্পদিন পরেই বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড নিঃশেষ হইয়া যাইত এবং খাদ্যের অভাবে উদ্ভিদও নিশ্চিহ্ন হইয়া যাইত। জীবের শ্বাসক্রিয়া এবং উদ্ভিদের কার্বন আত্তীকরণ প্রক্রিয়া পাশাপাশি চলিতেছে বলিয়া বায়ুতে অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দুইটির পরিমাণ একই থাকিয়া যায়।

২। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস জলে দ্রবণীয়। কাজেই বায়ু হইতে এই গ্যাসের কিছু অংশ বৃষ্টির জল, নদীর জল ও সমুদ্রের জলে দ্রবীভূত হয় এবং কিছু গ্যাস সমুদ্রজলে বাইকার্বনেট লবণ গঠন করে। এইভাবে বায়ু হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের পরিমাণ কিছু কমিয়া যায়। বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডেব পবিমাণ বেশী কমিয়া যাইলে সমুদ্রজলেব বাইকার্বনেট লবণ ভাঙ্গিয়া যায় এবং উৎপন্ন কাবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পুনরায় বায়ুতে ফিরিযা যায়।

৩। শিলার সহিত বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডেব বিক্রিয়া ঘটে। অনেক পাহাড়ে সুদীর্ঘকাল ধরিয়া এই প্রক্রিয়া চলিলে শিলা ক্রমশঃ নানা প্রকার কার্বনেট বা বাই-কার্বনেটে রূপান্তরিত হয় এবং উহা বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হয়। ইহাকে শিলার আবহ বিকার (weathering of rocks) বলা হয়। এইরূপে শিলা ক্রমশঃ ক্ষয় পায় এবং বায়ু হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ কমিয়া যায়।

এইভাবে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড একদিকে অবিরাম ব্যয়িত হয় আবার অন্যদিকে অবিরাম অর্জিত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইডের এরূপ ক্ষয় ও পূরণের আবর্তনকে বলা হয় **কার্বন চক্র** (**Carbon cycle**)।

কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইডের তুলনা

ধর্ম	কার্বন ডাই-অক্সাইড	কার্বন মনো-অক্সাইড
১। প্রকৃতি	বর্ণহীন, স্বাদহীন, অম্ল গন্ধযুক্ত গ্যাস ;	বর্ণহীন, স্বাদহীন, মৃদু গন্ধযুক্ত গ্যাস ;
২। ঘনত্ব	বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী ;	বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী ;
৩। চাপ প্রয়োগ	চাপ প্রয়োগে সহজেই তরল করা যায় ;	অত্যধিক চাপ ও শৈত্যের প্রভাবে তরল হয় ;
৪। জীবদেহের উপর ক্রিয়া	বিষাক্ত নয়, কিন্তু ইহাতে শ্বাস লওয়া যায় না, অধিকক্ষণ এই গ্যাসে থাকিলে মৃত্যু ঘটে ;	বিষাক্ত, ইহাতে অতিরিক্ত শ্বাস লইলে মৃত্যু ঘটে ;
৫। দহনীয়তা	নিজে জ্বলে না, দহনের সহায়কও নয় তবে জলন্ত ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম প্রভৃতি ধাতু এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলিতে পারে ;	নিজেই নীলাভ শিখায় জ্বলে, অপরকে জ্বলিতে সাহায্য করে না ;
৬। দ্রাব্যতা	জলে সম পরিমাণে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণে মৃদু এ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়, এই এ্যাসিড কার্বনেট ও বাইকার্বনেট লবণ গঠন করে ;	জলে অতি সামান্য দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণে কোন এ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায় না।
৭। চূণজলের উপর ক্রিয়া	চূণের জল ঘোলা করে ; $CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$	কোন ক্রিয়া নাই ;
৮। কষ্টিক সোডার উপর ক্রিয়া	প্রথমে কার্বনেট এবং পরে বাই-কার্বনেট জাতীয় লবণ গঠন করে ; $2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$	সাধারণতঃ কোন বিক্রিয়া ঘটে না, অধিক উষ্ণতায় এবং চাপের প্রভাবে সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন হয় ;
৯। বিজারণ ক্ষমতা	বিজারণ ক্ষমতা নাই, বং লোহিত তপ্ত কার্বন, আয়রণ, জিংক ইত্যাদি ধাতুর সংস্পর্শে ইহা নিজেই বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয় ; $CO_2 + C = 2CO$ $CO_2 + Zn = CO + ZnO$	একটি সক্রিয় বিজারক, ধাতুর অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ইহা নিজে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় ; $CuO + CO = Cu + CO_2$ $ZnO + CO = Zn + CO_2$
১০। শোষক	কষ্টিক সোডা বা পটাশ দ্বারা ইহা শোষিত হয়।	এ্যামোনিয়া বা হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ দ্বারা ইহা শোষিত হয়।

uestions (প্রশ্নমালা)

1. What is an allotrope ? What are the different al'otropic modifications of carbon ? How will you prove by experiment that the different allotropes of carbon are modifications of the same element carbon ?

[বহুরূপতা কি ? কার্বনের বিভিন্ন বহুরূপগুলি কি কি ? বিভিন্ন প্রকারের কার্বন যে একই মৌলিক পদার্থ কার্বনের রূপভেদ, পরীক্ষা দ্বারা তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে ?]

2. Describe how Moissan succeeded in preparing artificial diamonds. How is wood charcoal manufactured ? Describe experiments illustrating its chief properties.

[ময়সাঁ কিভাবে কৃত্রিম হীরক প্রস্তুতে সক্ষম হইয়াছিলেন তাহার বর্ণনা দাও। কি ভাবে কাঠকয়লা তৈযারী হয় ? ইহার প্রধান প্রধান ধর্মের কতকগুলি পরীক্ষা বর্ণনা কর।]

3. What is meant by allotropy ? Give a short description of allotropic forms of carbon and their chief uses ? How do you prove that diamond is nothing but carbon ?

[বহুরূপতা বলিতে কি বুঝ ? কার্বনের বিভিন্ন রূপের এবং তাহাদের ব্যবহারের সংক্ষিপ্ত পরিচয় দাও। কিভাবে প্রমাণ করিবে যে, হীরক কার্বন ব্যতীত অন্য কিছু নয়।]

4. How would yon determine the composition of carbon dioxide by weight and by volume ? What precautions would you take to get accurate result ? Sketch the apparatus.

[কিরূপে কার্বনের আয়তনিক ও তৌলিক সংযুতি নির্ণয় করিবে ? নির্ভুল ফলের জন্য কি কি সতর্কতা অবলম্বন করিবে ? চিত্র অঙ্কন কর।]

5. Why is it that HCl, and not H_2SO_4, is used for preparing carbon dioxide from limestone or marble ?

[চুণাপাথর বা মার্বেল হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতের সময় সালফিউরিক এ্যাসিড ব্যবহার না করিয়া হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড ব্যবহার করা হয় কেন ?]

6. Describe the preparation of carbon monoxide from sodium formate and sulphuric acid.

[সোডিয়াম ফরমেট ও সালফিউরিক এ্যাসিড হইতে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতের বর্ণনা দাও।]

7. Write a short account of the properties of carbon monoxide. How may CO be transformed into CO_2 and CO_2 into CO ?

[কার্বন মনোক্সাইডের ধর্মের একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ। কিরূপে CO কে CO_2 তে এবং CO_2 কে CO তে পরিবর্তিত করা হয় ?]

8. Prove by experiment that carbon dioxide contains equal volume of oxygen, and hence deduce the formula of carbon dioxide.

[কার্বন ডাই-অক্সাইডে যে সম আয়তন অক্সিজেন আছে তাহা পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ কর ; এই সিদ্ধান্ত হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংকেত নির্ণয় কর।]

9. How are carbonates in general formed ? Given metallic zinc, lime, and caustic potash, how would you prepare specimens of zinc carbonate, calcium carbonate, and potassium carbonate ?

[সাধারণতঃ কার্বনেট কিভাবে গঠিত হয় ? তোমাকে জিংক, চূণ, এবং কষ্টিক পটাশ দেওয়া হইল, তুমি কিরূপে জিংক কার্বনেট, ক্যালসিয়াম কার্বনেট এবং পটাশিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করিবে ?]

10. How would you separate carbon monoxide from carbon dioxide in a mixture of the two ?

[কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি মিশ্রণ হইতে কিভাবে উহাদের পৃথক্ করিবে ?]

11. What function does atmospheric carbon dioxide play in the growth of plants ? Animals die in an atmosphere of both carbon monoxide and carbon dioxide. Is the cause of death the same in each case ? Explain.

[বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড উদ্ভিদ বৃদ্ধির জন্য কি কাজ করিয়া থাকে ? কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উভয়ের মধ্যেই প্রাণীর মৃত্যু হয় ; মৃত্যুর কারণ উভয়ের মধ্যেই কি এক ? ব্যাখ্যা কর।]

12. Explain what happens when (কি ঘটিবে বর্ণনা কর) :—

(i) Carbon dioxide is passed over red-hot coke ;

[লোহিত তপ্ত কয়লার উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে ;]

(ii) Recently heated charcoal is put in a jar of ammonia over mercury ;

[পারদের উপর রক্ষিত এ্যামোনিয়া গ্যাসপূর্ণ একটি জারে সদ্য উত্তপ্ত কাঠকয়লা নিঃক্ষেপ করিলে ;]

(iii) A mixture of copper oxide and charcoal is heated in a hard glass tube ;

[কপার অক্সাইড এবং কাঠকয়লার মিশ্রণ একটি হার্ডগ্লাস টিউবে উত্তপ্ত করিলে ;]

(iv) Calcium carbonate is heated with coke ;

[কয়লাসহ ক্যালসিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে ;]

(v) Ignited magnesium is inserted in a jar of carbon dioxide ;

[একটি জারে রক্ষিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম প্রবেশ করাইলে ;]

(vi) Carbon monoxide is passed over heated iron oxide.

[উত্তপ্ত লোহার অক্সাইডের উপর দিয়া কার্বন মনোক্সাইড প্রবাহিত করিলে ।]

Give Equations. [সমীকরণ লিখ ।]

১৩

সালফার ও ইহার যৌগ

(Sulphur and its Compounds)

পারমাণবিক সংকেত—S পারমাণবিক গুরুত্ব—32·06

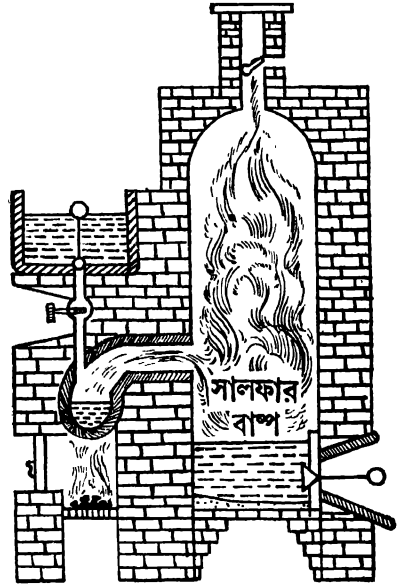
ইতিহাস (History):—অতি প্রাচীনকাল হইতেই সালফার একটি সুপরিচিত মৌল। হিন্দু সভ্যতার যুগে—প্রাচীন হিন্দু রসায়ন ও চিকিৎসাশাস্ত্রে এবং শিল্পে সালফারের ব্যবহার প্রচলিত ছিল। ভারতে ইহা গন্ধক নামে পরিচিত ছিল। প্রাচীন মুনি ঋষিরা গন্ধক পোড়াইয়া বীজাণুনাশকরূপে ব্যবহার করিতেন। সালফার শব্দটি সম্ভবতঃ প্রাচীন সংস্কৃত নাম **সুলভেরী** (**sulvary**) হইতে উদ্ভূত। সুলভেরী শব্দের অর্থ "তাম্র-ধ্বংসী"। তাহার কারণ প্রাচীন ঋষিরা বলিতেন যে, গন্ধক ও তাম্র একত্র উত্তপ্ত করিলে, গন্ধক তাম্রকে ধ্বংস করিয়া দেয়। ১৭৭৭ খৃষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার প্রথম সালফারকে মৌল বলিয়া প্রমাণ করেন। পরে বিখ্যাত বৈজ্ঞানিক **মিৎশারলিস (Mitscherlich)** সালফারের বিভিন্ন রূপ নির্ণয় করেন।

অবস্থান (Occurrence):—সালফার মৌল হিসাবে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। ইহা বিশেষতঃ আগ্নেয়গিরির অঞ্চলে যথা—সিসিলি, জাপান, আইসল্যাণ্ড প্রভৃতি স্থানে, আমেরিকায় লুসিয়ানা ও টেক্সাসে এবং পাকিস্থানের বেলুচিস্থানে সালফার খনি আছে। পৃথিবীর প্রয়োজনীয় সালফারের প্রায় $\frac{4}{5}$ অংশ আমেরিকা হইতে পাওয়া যায়। যৌগরূপে সালফার বিভিন্ন ধাতব সালফাইড ও সালফেটরূপে পাওয়া যায়। যেমন,

আয়রণ পাইরাইটিস—FeS_2 ; কপার পাইরাইটিস—Cu_2S, Fe_2S_3 ;
গ্যালেনা—PbS ; জিংক ব্লেণ্ড—ZnS ; সিনাবার—HgS, ইত্যাদি।
জিপসাম—$CaSO_4, 2H_2O$; কাইসেরাইট—$MgSO_4, H_2O$, ইত্যাদি।

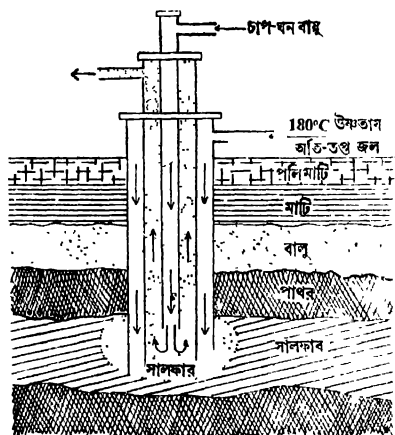
সালফার উৎপাদন:
(Extraction of Sulphur)

সিসিলীয় পদ্ধতি (Sicilian Process):—সিসিলিদ্বীপে প্রাপ্ত সালফারে চুণাপাথর, জিপসাম, মাটি প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে এবং সালফারের পরিমাণ 20—25% থাকে। প্রথমে অবিশুদ্ধ (impure) সালফার পাহাড়ের গায়ে তৈয়ারী বড় বড় ইটের প্রকোষ্ঠে স্তূপীকৃত করিয়া উহার উপরের অংশে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়।

উত্তাপের ফলে, প্রায় $\frac{1}{3}$ অংশ সালফার পুড়িয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয় এবং অবশিষ্ট সালফার গলিয়া যায় এবং ঢালু মেঝে দিয়া গড়াইয়া আসিয়া নিম্নস্থ একটি চৌবাচ্চায় জমা হয়। এইরূপে প্রাপ্ত সালফার সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়, ইহাতে 5—7% মাটি ও অন্যান্য কলুষ পদার্থ (impurities) থাকে। ইহাকে পাতন দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়। কিন্তু ইটালীতে কয়লা ও জ্বালানী কাঠ মহার্ঘ বলিয়া তথায় পাতন ক্রিয়া সম্পাদন করা হয় না। ফরাসীর মার্সাই (Marseilles) বন্দরে অবিশুদ্ধ সালফারকে চালান করা হয়। সেখানে উহা বড় বড় লোহার কড়াইতে গলাইয়া একটি লোহার বকযন্ত্রে জমা করা হয়। বকযন্ত্রটির নীচে রক্ষিত চুল্লীর দ্বারা বকযন্ত্রটি উত্তপ্ত করা হয়। গলিত সালফার 444·6°C তে ফুটিতে থাকে এবং বাষ্পীভূত হইয়া বকযন্ত্র সংলগ্ন একটি বৃহৎ ইষ্টক-নির্মিত প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। সালফার বাষ্প প্রথমে প্রকোষ্ঠের শীতল দেওয়ালে

সালফারের বিশুদ্ধীকরণ

হলুদ গুঁড়ারূপে ঘনীভূত হয়। ইহাকে **গন্ধকরজ** (**Flowers of Sulphur**) বলা হয়। প্রকোষ্ঠের উষ্ণতা ধীরে ধীরে বৃদ্ধি হইতে থাকে, উষ্ণতা 113°C (সালফারের গলনাংক) হইলে সালফারের গুঁড়া গলিয়া প্রকোষ্ঠের নীচে জমা হয়। একটি নির্গম নলদ্বারা গলিত সালফারকে বাহির করিয়া ছাঁচে ঢালিয়া কঠিন করা হয়। ইহাকে **রোল সালফার** (**Roll Sulphur**) বলে।

আমেরিকান পদ্ধতি বা ফ্র্যাস পদ্ধতি (Frasch Process) :—আমেরিকায় লুসিয়ানাতে (Louisiana) 700—800 ফিট নীচে বৃহৎ সালফারের খনি আছে। কিন্তু বহুদিন যাবৎ এই বৃহৎ খনি হইতে সালফার খনন করা সম্ভব হয় নাই। তাহার কারণ, মাটির নীচে বালুর স্তর আছে। মাটি খোদাই করার সময় বালু ধ্বসিয়া যায়। অতঃপর ১৯০৪ খৃষ্টাব্দে **ফ্র্যাস (Frasch)** নামে একজন ইঞ্জিনিয়ার এক নূতন পদ্ধতিতে সালফার খনন করিতে সক্ষম হন। এই পদ্ধতিতে ভূপৃষ্ঠ হইতে সালফার স্তর পর্য্যন্ত একটি বড় গর্ত খোঁড়া হয়। এই গর্তের মধ্যে তিনটি

বিভিন্ন ব্যাসযুক্ত সমকেন্দ্রিক (concentric) মোটা স্টীলের নল সালফার স্তর পর্য্যন্ত বসানো হয়। সর্ববহিঃস্থ নল দিয়া 180°C-তে অতিতপ্ত (superheated) জল প্রায় 10 বায়ুমণ্ডলের চাপে (10 atmospheric pressure) পাম্পের দ্বারা জোরে নীচে চালানো হয়। উত্তপ্ত জলের সংস্পর্শে আসিয়া সালফার গলিয়া যায়। এখন মধ্যস্থলের নলটি দিয়া অতিরিক্ত চাপে বায়ু (প্রায় 35 বায়ু-মণ্ডলের চাপে) প্রবেশ করানো হয়। অতিরিক্ত চাপে বায়ু যখন গলিত সালফারের ভিতর অতিক্রম করে তখন সালফার ফেনায়িত হয়। বায়ুর চাপের প্রভাবে সালফার ফেনা দ্বিতীয় নল দিয়া মাটির উপরে উঠিয়া আসে। বড় বড় কাঠের চৌবাচ্চায় উহাদের শীতল করা হয়। এইরূপে প্রাপ্ত সালফারে 99·5% সালফার থাকে।

ফ্র্যাস-পদ্ধতি

*** সালফারের বহুরূপতা :**

(Allotropic Modifications of Sulphur)

ফসফরাস ও কার্বনের ন্যায় সালফারেরও বিভিন্ন রূপ আছে। স্ফটিকাকার-রূপে ইহা **রম্বিক (Rhombic)** বা অষ্টপলারূপে (Octahedral) এবং **প্রিজমেটিক (Prismatic)** বা **মনোক্লিনিক (Monoclinic)** রূপে পাওয়া যায়। অনিয়তাকার-রূপে **প্লাস্টিক** বা **নমনীয় (Plastic)** রূপে, **শ্বেত সালফার** বা **মিল্ক অফ সালফার (Milk of Sulphur)** রূপে পাওয়া যায়। **কলয়েড** রূপেও ইহাকে পাওয়া যায়।

সালফারের বিভিন্ন রূপের মধ্যে **রম্বিক সালফারই** সর্বাপেক্ষা সুপরিচিত এবং স্থায়ী রূপ। খনির মধ্যে স্বাভাবিক অবস্থায় সালফার রম্বিক হিসাবেই পাওয়া যায়। ইহা ভঙ্গুর (brittle) এবং কার্বন ডাই-সালফাইড, বেন্‌জিন ও কোহলে দ্রবণীয়।

একটি বেসিনে রম্বিক সালফারকে উত্তাপে গলাইয়া ঠাণ্ডা হইতে দিলে, ইহার উপরে সরের ন্যায় একটি আস্তরণ পড়ে। আস্তরণটি কাচদণ্ড দ্বারা ছিন্ন করিলে দেখা যাইবে

* সালফারের বহুরূপতা পাঠ্যবিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নয় বলিয়া বিশদ বিবরণ দেওয়া হইল না।

বেসিনের গায়ে সূচের ন্যায় সালফার **স্ফটিক** লাগিয়া আছে। ইহাকে **মনোক্লিনিক সালফার** বলে। ইহাকে 96°C নীচে রাখিয়া দিলে মনোক্লিনিকের **স্বচ্ছ** স্ফটিকগুলি ক্রমশঃ অস্বচ্ছ হইয়া রম্বিক সালফারে পরিণত হয়। ইহা রম্বিকের ন্যায় কার্বন ডাই-সালফাইড ও কোহলে দ্রবণীয় কিন্তু জলে অদ্রবণীয়।

96°C উর্দ্ধে মনোক্লিনিক সালফার স্থায়ী এবং 96°C নীচে রম্বিক সালফার স্থায়ী। এই 96°C-তে ইহাদের রূপান্তর ঘটে বলিয়া এই বিশেষ উষ্ণতাকে **পরিবর্তাঙ্ক** (**Transition Temperature**) বলা হয়।

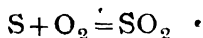
একটি পরীক্ষানলে কিছু সালফার লইয়া উত্তপ্ত করিতে থাকিলে, সালফার প্রথমে গলিয়া তরল হয় এবং উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ঘোর কৃষ্ণবর্ণ আকার ধারণ করে। এই অবস্থায় ইহাকে একটি বীকারে ঠাণ্ডা জলের মধ্যে সরু সূতার আকারে ঢালিলে রবারের ন্যায় নমনীয় এক প্রকার সালফার পাওয়া যায় ইহাকে **প্লাষ্টিক সালফার** বলে। ইহা অস্থায়ী, সাধারণ উষ্ণতায় ইহা ধীরে ধীরে রম্বিক সালফারে পরিণত হয়। ইহা জলে এবং কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রবণীয়।

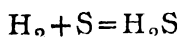
সালফারের গুড়াকে চূণ-গোলাব সহিত ফুটাইলে ক্যালসিয়াম পেণ্টাসালফাইড (CaS_5) ও ক্যালসিয়াম থায়োসালফেট (CaS_2O_3) গঠিত হয়। দ্রবণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড মিশাইলে সাদা সূক্ষ্ম সালফার অধঃক্ষিপ্ত (precipitate) হয়। ইহার বর্ণ দুধের ন্যায় সাদা বলিয়া ইহাকে **মিল্ক-অফ-সালফার** বলা হয়। ইহা তাপে ধীরে ধীরে রম্বিক সালফারে পরিণত হয়। ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য।

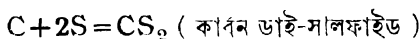
সালফারের ধর্ম ঃ
(Properties of Sulphur)

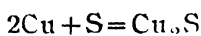
ভৌত ধর্ম (**Physical Properties**) :—সালফার পীতবর্ণের কঠিন ভঙ্গুর পদার্থ। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ অপরিবাহী (non-conductor of heat and electricity)। সালফারের S_8, S_6, ও S_2—এই তিন প্রকার অণু দেখা যায়। বহুরূপতা সালফারের একটি বিশেষত্ব। ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, কোহল প্রভৃতিতে দ্রাব্য। সালফারকে উত্তপ্ত করিলে 113°C-য়ে ইহা পীতবর্ণের তরল পদার্থ উৎপন্ন করে। আরও উত্তপ্ত করিলে, তরল পদার্থটি ক্রমশঃ ঘন ও কৃষ্ণবর্ণ হইতে থাকে এবং 230°C য়ে ইহা প্রায় কঠিন হইয়া আসে। আরও অধিক উষ্ণতায় ইহা পুনরায় তরল হয় এবং 444°C-য়ে ইহা ফুটিতে থাকে এবং পীতবর্ণের বাষ্পে পরিণত হয়।

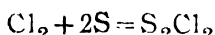
রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—বায়ুতে বা অক্সিজেনে সালফারকে দহন করিলে ইহা নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে এবং তীব্র গন্ধী সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) গ্যাসে পরিণত হয়।

$$S+O_2=SO_2$$

গলিত সালফারের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) গ্যাস উৎপন্ন হয়।

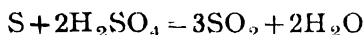
$$H_2+S=H_2S$$

বহু ধাতু ও অধাতু উত্তপ্ত সালফারের সহিত প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হইয়া সালফাইড গঠন করে। যথা—

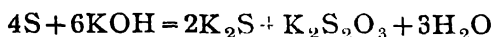
$$C+2S=CS_2 \text{ (কার্বন ডাই-সালফাইড)}$$

সালফার বাষ্পের মধ্যে এক টুকরা তামার পাত ফেলিয়া দিলে তামার পাতটি জ্বলিয়া কপার সালফাইডে (Cu_2S) পরিণত হয়।

$$2Cu+S=Cu_2S$$

ফুটন্ত সালফারের মধ্য দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ইহা ডাই-সালফার ডাই-ক্লোরাইড (S_2Cl_2) নামক তরল পদার্থে পরিণত হয়।

$$Cl_2+2S=S_2Cl_2$$

লঘু এ্যাসিডের সহিত সালফারের কোন ক্রিয়া নাই। কিন্তু H_2SO_4, HNO_3-র ন্যায় জারণ গুণসম্পন্ন গাঢ় এ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে সালফার জারিত হইয়া যায়।

$$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$$

$$S+6\ HNO_3=H_2SO_4+6\ NO_2+2H_2O$$

সালফার উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া সালফাইড ও থায়োসালফেটে পরিণত হয়।

$$4S+6KOH=2K_2S+K_2S_2O_3+3H_2O$$

সালফারের ব্যবহার (Uses of Sulphur) :—সালফার নানা ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। ইহা প্রধানতঃ সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া দিয়াশলাই, বারুদ, কার্বন ডাই-সালফাইড, ডাই-সালফার ডাই-ক্লোরাইড (S_2Cl_2) প্রভৃতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। S_2Cl_2 রবারের কঠিনীকরণে (vulcanization of rubber) ব্যবহৃত হয়। কীট-নাশকরূপে এবং ঔষধেও সালফার ব্যবহৃত হয়।

নিরীক্ষণ (Tests) :—ইহা পীত বর্ণের কঠিন কেলাসিত পদার্থ। ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য। ইহাকে বায়ুতে দহন করিলে নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে এবং তীব্র-গন্ধী সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

হাইড্রোজেন সালফাইড
(Hydrogen Sulphide)

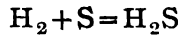
আণবিক সংকেত—H_2S আণবিক গুরুত্ব—34

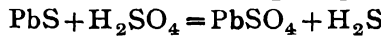
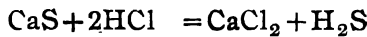
ইতিহাস (History) :—হাইড্রোজেন ও সালফার যুক্ত হইয়া যে দ্বি-যৌগ (binary compound) পদার্থটি গঠিত হয় উহাকে হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বলে। ইহা একটি গ্যাসীয় পদার্থ।

অবস্থান (Occurrence) :—আগ্নেয়গিরির গ্যাসে এবং কোন কোন প্রস্রবণের জলে দ্রবীভূত অবস্থায় এই গ্যাসটি পাওয়া যায়। সালফারযুক্ত অনেক জৈব পদার্থ পচিলে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। পচা ডিম, মাছ, চামড়া, প্রভৃতির দুর্গন্ধ প্রধানতঃ এই গ্যাসটির জন্যই হয়। বায়ুতে সামান্য পরিমাণে এই গ্যাসটি থাকে বলিয়া রূপার বাসনপত্রগুলি কালো হইয়া যায়।

হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি :
(Preparation of Hydrogen Sulphide)

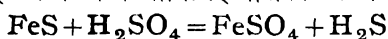
ফুটন্ত সালফারের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$H_2+S=H_2S$$

ইহা সাধারণতঃ ধাতব সালফাইডের (sulphides) উপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন করা হয়।

$$CaS+2HCl=CaCl_2+H_2S$$
$$PbS+H_2SO_4=PbSO_4+H_2S$$

পরীক্ষাগার প্রস্তুতি (Laboratory Preparation) :—পরীক্ষাগারে সর্বদাই লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড ও ফেরাস সালফাইড দ্বারা হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। ইহার জন্য একটি দীর্ঘনল-ফানেল (thistle funnel) ও নির্গম-নলযুক্ত (delivery tube) উলফ্ বোতলের মধ্যে কিছু ফেরাস সালফাইডের টুকরা লওয়া হয়। প্রথমে কিছু জল বোতলে ঢালা হয় এবং বোতলটি বায়ুনিরুদ্ধ হইয়াছে কিনা পরীক্ষা করিয়া লইতে হয়। ইহার পর ফানেলের ভিতর দিয়া কিছু লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড ঢালা হয়। ফেরাস সালফাইড এ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলেই ভুর ভুর করিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস নির্গত হয়। ইহাকে গরম জলের উপর সংগ্রহ করা হয়। পারদের উপর সংগ্রহ করা হয় না কারণ ইহা পারদের সহিত বিক্রিয়া করে।

পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস বিকারক (reagent) হিসাবে বহুল

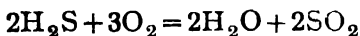
ব্যবহৃত হয় এবং সর্বদাই ইহার প্রয়োজন হয়। এই কারণে এই গ্যাসটি প্রস্তুতের জন্য উলফ্ বোতলের পরিবর্তে **কিপ্-যন্ত্র (Kipp's Apparatus)** ব্যবহার করা হয়। [কিপ্-যন্ত্রের গঠন পরিচয় মধ্যশিক্ষা রসায়ন ১ম খণ্ড পৃষ্ঠা ১৫ দ্রষ্টব্য।] কিপ্-যন্ত্রের মধ্য গোলকে ফেরাস সালফাইডের টুকরা প্রবেশ করান হয় এবং যন্ত্রটির বিভিন্ন অংশ যথাযথ স্থাপিত করিয়া উপরিস্থ ফানেল হইতে লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড ঢালা হয়। লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড সর্বনিম্ন অর্ধগোলক পূর্ণ করিয়া, মধ্য গোলকের ফেরাস সালফাইডের সংস্পর্শে আসিলেই সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া ঘটে।

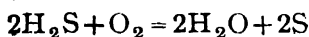
$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

উৎপন্ন H_2S গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে থাকে। গ্যাসের প্রয়োজন না থাকিলে নির্গম-নলটি বন্ধ করিয়া দিতে হয়, ফলে গ্যাসটি মধ্য গোলকে জমা হইতে থাকে এবং উহার চাপে এ্যাসিড নিম্ন গোলকে নামিয়া যায় এবং অধিক H_2S উৎপাদন স্থগিত হয়। পুনরায় H_2S প্রয়োজন হইলে নির্গম-নলটি খুলিয়া দিলে মধ্য গোলকে গ্যাসের চাপ হ্রাস পাইয়া পুনরায় এ্যাসিড উপরে উঠিয়া আসে এবং বিক্রিয়াটি চলিতে থাকে।

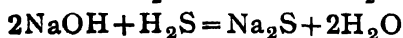
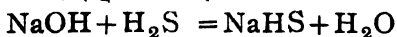
হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম :
(Properties of Hydrogen Sulphide)

ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :—হাইড্রোজেন সালফাইড পচা ডিমের মত দুর্গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং জলে সামান্য দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণের গন্ধও পচা ডিমের ন্যায়। ইহা বিষাক্ত গ্যাস। অধিকক্ষণ গ্যাসে শ্বাস গ্রহণ করিলে মারাত্মক হয়।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস বায়ুতে বা অক্সিজেনে নীলাভ শিখাসহ জ্বলিতে থাকে এবং সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে কিন্তু অপরকে জ্বলিতে সাহায্য করে না।

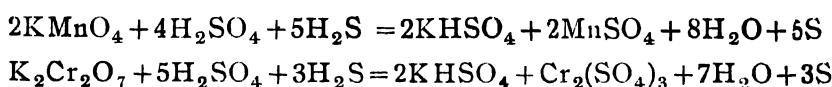
$$2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$$

কিন্তু অক্সিজেনের পরিমাণ কম থাকিলে সালফার উৎপন্ন হয়।

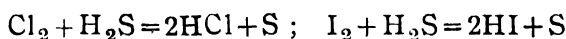
$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$$

হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। সুতরাং ইহা একটি অম্লজাতীয় গ্যাস। অতএব ইহা বিভিন্ন ক্ষারকের ও ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফাইড ও হাইড্রো-সালফাইড লবণ উৎপন্ন করে।

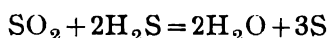
$$NaOH + H_2S = NaHS + H_2O$$
$$2NaOH + H_2S = Na_2S + 2H_2O$$

রসায়নাগারে রূপা বা নিকেলের ঘড়ি প্রায়ই কালো হইয়া যাইতে দেখা যায়। ইহার কারণ হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস রূপা বা নিকেলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহার উপর একটি কালো সালফাইডের আস্তরণ সৃষ্টি করে।

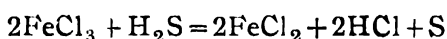
হাইড্রোজেন সালফাইড একটি শক্তিশালী বিজারক পদার্থ। ইহা হইতে সহজে হাইড্রোজেনের বিয়োজন সম্ভব হয় বলিয়া ইহা বিজারকের কাজ করিতে পারে। ইহা এ্যাসিডযুক্ত গোলাপী বর্ণের পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস্ লবণে এবং কমলাবর্ণের পটাশিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণকে সবুজ বর্ণের ক্রোমিক লবণে পরিণত করে।

$$2KMnO_4+4H_2SO_4+5H_2S=2KHSO_4+2MnSO_4+8H_2O+5S$$

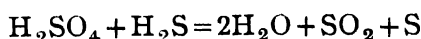
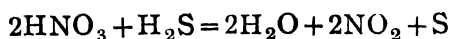
$$K_2Cr_2O_7+5H_2SO_4+3H_2S=2KHSO_4+Cr_2(SO_4)_3+7H_2O+3S$$

এই গ্যাসকে ক্লোরিন বা ব্রোমিন জলের মধ্য দিয়া কিংবা জলে প্রলম্বিত (suspended) আয়োডিনের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং হ্যালোজেনগুলি এ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$Cl_2+H_2S=2HCl+S\ ;\quad I_2+H_2S=2HI+S$$

ইহা সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে বিজারিত করিয়া সালফার উৎপন্ন করে।

$$SO_2+2H_2S=2H_2O+3S$$

ইহা ফেরিক লবণকে বিজারিত করিয়া ফেরাস লবণে পরিণত করে।

$$2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+2HCl+S$$

গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড বা গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মধ্য দিয়া এই গ্যাসটি অতিক্রম করাইলে এ্যাসিডগুলি বিজারিত হইয়া যথাক্রমে নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

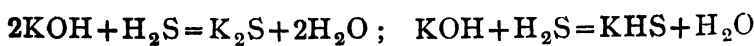
$$2HNO_3+H_2S=2H_2O+2NO_2+S$$

$$H_2SO_4+H_2S=2H_2O+SO_2+S$$

এই সমীকরণগুলি হইতে দেখা যাইতেছে যে, হাইড্রোজেন সালফাইড বিজারণ ক্রিয়ার সময় প্রতিক্ষেত্রেই নিজে জারিত হইয়া সালফারে পরিণত হয়।

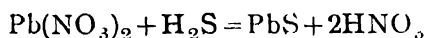
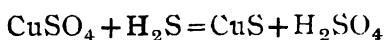
হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার (Uses of Hydrogen Sulphide) : ইহা ধাতব সালফাইড প্রস্তুতে এবং বিজারক পদার্থরূপে ব্যবহৃত হয়। ইহা প্রধানতঃ রসায়নাগারে বিশ্লেষণ কার্যে বিকারকরূপে ব্যবহৃত হয়।

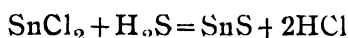
সালফাইড (Sulphides) :—হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস জলে সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয় এবং দ্বি-ক্ষারিক এ্যাসিডের (dibasic acid) ন্যায় ক্রিয়া করে।

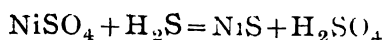
কষ্টিক পটাশের সহিত ক্রিয়া করিয়া পটাশিয়াম সালফাইড ও পটাশিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন করে।

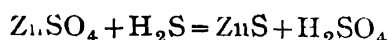
$$2KOH + H_2S = K_2S + 2H_2O;\quad KOH + H_2S = KHS + H_2O$$

আবার হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস অনেক ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব সালফাইড সমূহ অধঃক্ষিপ্ত করে। এই সকল সালফাইডের বিভিন্ন রং থাকে। যেমন, কপার, লেড, মার্কারি ও বিসমাথ (Bi) ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণ লঘু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করিয়া ইহার মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে কালো রংয়ের ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$$

$$Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS + 2HNO_3$$

ক্যাডমিয়াম (Cd), এ্যান্টিমনী (Sb) ও টিনের (Sn) অম্লীকৃত জলীয় দ্রবণে এই গ্যাস প্রবাহিত করিলে যথাক্রমে হলদে, কমলা ও বাদামী রংয়ের ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$SnCl_2 + H_2S = SnS + 2HCl$$

সেইরূপ আয়রণ, নিকেল (Ni) ও কোবাল্টের (Co) ক্ষারীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে কালো রংয়ের সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$NiSO_4 + H_2S = NiS + H_2SO_4$$

জিংক লবণের ক্ষারীয় দ্রবণে এই গ্যাস প্রবাহিত করিলে সাদা রংয়ের জিংক সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$ZnSO_4 + H_2S = ZnS + H_2SO_4$$

সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতব সালফাইডগুলি জলে দ্রাব্য, সুতরাং ইহারা অধঃক্ষিপ্ত হয় না। অতএব সালফাইডকে জল, এ্যাসিড ও ক্ষারে দ্রাব্যতা অনুসারে তিন শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যথা—

১। Cu, Hg, Pb, Bi, Cd, Sn, As, Sb প্রভৃতির সালফাইড লঘু এ্যাসিডে ও জলে অদ্রাব্য।

২। Fe, Zn, Ni, Co প্রভৃতির সালফাইড ক্ষারীয় বা এ্যামোনিয়ার দ্রবণে অদ্রাব্য কিন্তু লঘু এ্যাসিডে দ্রাব্য।

৩। Na, K, Mg, Ca, প্রভৃতির সালফাইড জলে দ্রাব্য।

সুতরাং যদি কয়েকটি ধাতব লবণ একত্র মিশ্রিত অবস্থায় থাকে, তাহা হইলে উহার জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিয়া উৎপন্ন সালফাইডের দ্রাব্যতা

অনুসারে ধাতব লবণগুলিকে সনাক্ত (identify) করিতে পারা যায়। ধরা যাক, $CuSO_4$, $ZnSO_4$ ও Na_2SO_4-য়ের একটি মিশ্রণ দেওয়া হইল। এই মিশ্রণটি প্রথমে জলে দ্রবীভূত করিয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দ্বারা দ্রবণটি অম্লীকৃত (acidify) করিয়া ইহাতে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হইল। ইহাতে শুধু কপার সালফাইডের (CuS) কালো অধঃক্ষেপ পড়িবে এবং অপর দুইটি ধাতব লবণের কোন পরিবর্তন হইবে না। কপার সালফাইড পরিস্রাবণ (filter) করিয়া পরিস্রুতটির (filtrate) সহিত এ্যামোনিয়ার দ্রবণ মিশাইয়া ক্ষারীয় করা হয়। ইহাতে হাইড্রোজেন সালফাইড পুনরায় প্রবাহিত করিলে, জিংক সালফাইডের (ZnS) সাদা অধঃক্ষেপ পড়িবে কিন্তু সোডিয়াম লবণের কিছু হইবে না। জিংক সালফাইড পরিস্রাবণ (filter) করিয়া লইলে পরিস্রুতটিতে (filtrate) সোডিয়াম লবণ পড়িয়া থাকিবে। এইরূপে বিভিন্ন ধাতব লবণ পৃথক করা যায়।

সালফার ডাই-অক্সাইড
(Sulphur Dioxide)

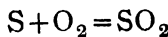
আণবিক সংকেত—SO_2 আণবিক গুরুত্ব—64

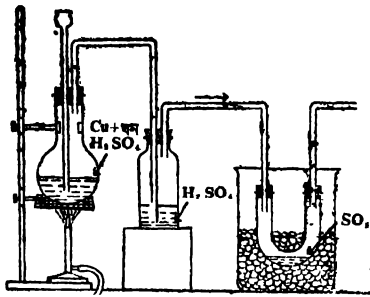
ইতিহাস (**Histroy**):—সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের গন্ধ বহু প্রাচীনকাল হইতেই সুপরিচিত ছিল। ১৭৭৪ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী প্রিস্টলী (Priestely) পারদের উপর তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ায় এই গ্যাসটি প্রস্তুত করেন। ১৭৭৭ খৃষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার (Lavoisier) প্রমাণ করেন যে ইহা সালফারের একটি অক্সাইড।

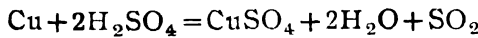
অবস্থান (**Occurrence**):—আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে সালফার দহনের ফলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস থাকে। ইহা ছাড়া জনবহুল সহরের বায়ুতেও কয়লা দহনের ফলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস থাকে।

সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি :
(Preparation of Sulphur dioxide)

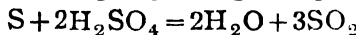
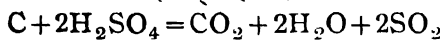
সালফারকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে দহন করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

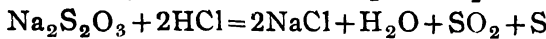
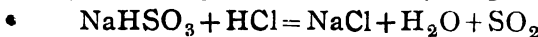
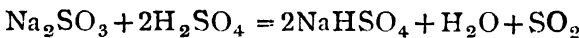
$$S+O_2=SO_2$$

পরীক্ষাগার প্রস্তুতি (**Laboratory Preparation**):—দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি ফ্লাস্কে কিছু তামার কুচি (copper turnings) লইয়া

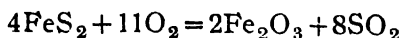
ফ্লাস্কটিকে ধারকের সাহায্যে একটি তারজালির উপর বসানো হয়। দীর্ঘনল ফানেল দিয়া গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড ফ্লাস্কে ঢালা হয় যাহাতে তামার কুচি ও ফানেলের শেষ প্রান্ত এ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। এখন ফ্লাস্কটিকে সামান্য উত্তপ্ত করিলে নির্গম নল দিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হইতে থাকিবে। এই গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া শূন্য গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা ইহাকে সংগ্রহ করা হয়।

পরীক্ষাগারে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

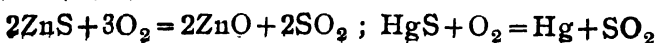
$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$$

শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস সংগ্রহ করিতে হইলে উৎপন্ন গ্যাসকে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডপূর্ণ একটি বোতলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করিতে হয়।

তামার পরিবর্তে পারদ, কাঠকয়লা বা সালফার লইয়া গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলেও সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়।

$$C+2H_2SO_4=CO_2+2H_2O+2SO_2$$
$$S+2H_2SO_4=2H_2O+3SO_2$$

সালফাইট (sulphites), বাইসালফাইট (bisulphites) ও থায়োসালফেট (thiosulphates) লবণও খনিজ এ্যাসিডের (inorganic acids) বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

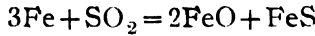
$$Na_2SO_3+2H_2SO_4=2NaHSO_4+H_2O+SO_2$$
$$NaHSO_3+HCl=NaCl+H_2O+SO_2$$
$$Na_2S_2O_3+2HCl=2NaCl+H_2O+SO_2+S$$

সালফার ডাই-অক্সাইডের **বৃহদায়তন উৎপাদনে** সালফার বায়ুতে দহন করিয়া কিংবা খনিজ আয়রণ পাইরাইটিসকে (Iron Pyrites) তাপজারণ (Roasting) করিয়া প্রস্তুত করা হয়।

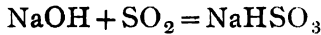
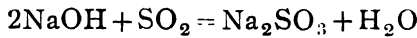
$$4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$$

অনেক খনিজ (mineral) সালফাইড অবস্থায় পাওয়া যায়। সেই সকল খনিজ হইতে ধাতু নিষ্কাশনের সময় সালফার ডাই-অক্সাইড উপজাত (bye-product) পদার্থরূপে পাওয়া যায়।

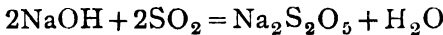
$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2\ ;\ HgS+O_2=Hg+SO_2$$

সালফার ডাই-অক্সাইডের ধর্ম :
(Properties of Sulphur dioxide)

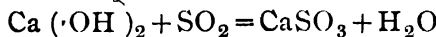
ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :—সালফার ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন, শ্বাসরোধকারী তীব্র-ঝাঁঝাল গন্ধবিশিষ্ট গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারী। সাধারণ উষ্ণতায় চাপের প্রভাবে ইহাকে তরল করা যায়। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—সালফার ডাই-অক্সাইড নিজে জ্বলে না এবং অপরকে জ্বলিতেও সাহায্য করে না। কিন্তু জ্বলন্ত পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম, লোহাচূর প্রভৃতি এই গ্যাসে জ্বলিতে থাকে। ইহার কারণ সালফার ডাই-অক্সাইড তাপে বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই অক্সিজেন দহনের সহায়তা করে।

$$3Fe + SO_2 = 2FeO + FeS$$

সালফার ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া **সালফিউরাস এ্যাসিড** (sulphurous acid) উৎপন্ন করে। অর্থাৎ জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। সুতরাং সালফার ডাই-অক্সাইড একটি **এ্যাসিডিক অক্সাইড (acidic oxide)**। এ্যাসিড ধর্মের জন্য ইহা ক্ষার বা ক্ষারক দ্রবণে শোষিত হইয়া সালফাইট ও বাইসালফাইট লবণ উৎপন্ন করে। ক্ষারের মাত্রা অধিক হইলে সালফাইট লবণ এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের মাত্রা অধিক হইলে বাইসালফাইট লবণ উৎপন্ন হয়।

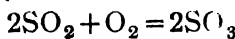
$$2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O$$
$$NaOH + SO_2 = NaHSO_3$$

অতিরিক্ত মাত্রায় সালফার ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে মেটা-বাইসালফাইট (meta-bisulphite) লবণ উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH + 2SO_2 = Na_2S_2O_5 + H_2O$$

চূণ জলের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইট গঠিত হয়, ফলে স্বচ্ছ চূণজল ঘোলা হইয়া যায়।

$$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3 + H_2O$$

অতিরিক্ত পরিমাণ গ্যাস দ্রবণে প্রবাহিত করিলে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট গঠিত হয় এবং ঘোলা দ্রবণ আবার স্বচ্ছ হইয়া যায়।

$$CaSO_3 + H_2O + SO_2 = Ca(HSO_3)_2$$

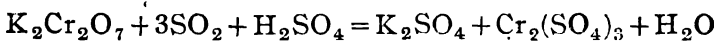
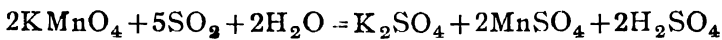
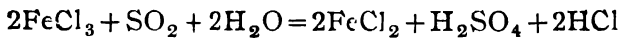
উত্তপ্ত প্লাটিনাম প্রভাবক সহযোগে, সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

সালফার ডাই-অক্সাইডের এই অক্সিজেন গ্রহণ ক্ষমতার জন্য ইহা একটি বিজারক পদার্থ (reducing agent)। বহু যৌগিক পদার্থ ও ধাতব লবণ সালফার ডাই-অক্সাইড সহযোগে বিজারিত হয়।

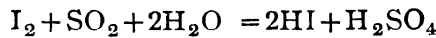
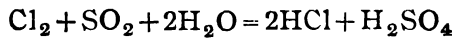
ইহা হলুদবর্ণের ফেরিক লবণকে বর্ণহীন ফেরাস লবণে, গোলাপী বর্ণের পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস্ লবণে, কমলা বর্ণের ডাইক্রোমেট লবণকে সবুজ ক্রোমিক লবণে পরিণত করে।

$$2FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$$

$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$$

$$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

সালফার ডাই-অক্সাইড ক্লোরিন বা ব্রোমিন দ্রবণের ভিতর দিয়া বা জলে প্রলম্বিত (suspended) আয়োডিনের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে হ্যালোজেনগুলি বর্ণহীন হ্যালোজেন এ্যাসিডে পরিণত হয়।

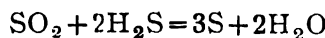
$$Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4$$

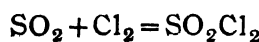
$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$$

উপরোক্ত সমীকরণ হইতে দেখা যাইতেছে যে, সালফার ডাই—অক্সাইড বিজারণ ক্রিয়ার সময় নিজে জারিত (oxidised) হইয়া সালফিউরিক এ্যাসিডে পরিণত হয়।

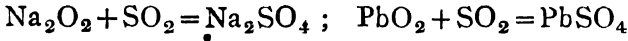
সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারক পদার্থরূপে, বহু রঙীন জৈব পদার্থকে বিরঞ্জিত (bleach) করিতে পারে। সেইজন্য সালফার ডাই-অক্সাইড বা সালফিউরাস এ্যাসিড বিরঞ্জক (bleaching agent) রূপে যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়। এই বিরঞ্জন ক্রিয়া জল ব্যতিরেকে সম্ভব নয়।

পরীক্ষা ঃ—সালফার ডাই-অক্সাইড পূর্ণ গ্যাসজারে একটি আর্দ্র লাল ফুল ও অপর একটি গ্যাসজারে একটি শুষ্ক লালফুল রাখিয়া দেওয়া হইল। দেখা গেল প্রথম গ্যাসজারে রক্ষিত ফুলটি বর্ণহীন হইয়াছে কিন্তু দ্বিতীয়টিতে হয় নাই।

কোন কোন ক্ষেত্রে সালফার ডাই-অক্সাইড জারকের কাজ করে। যেমন ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডকে জারিত করিয়া সালফারে পরিণত করে।

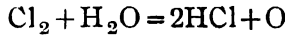
$$SO_2 + 2H_2S = 3S + 2H_2O$$

সালফার ডাই-অক্সাইডের যুত-যৌগিক (additive compounds) গঠন করিবার ক্ষমতাও পরিলক্ষিত হয়। যেমন, ইহা প্রখর সূর্য্যালোকে ক্লোরিনের সহিত মিলিত হইয়া সালফিউরিল ক্লোরাইড (sulphuryl chloride) গঠন করে।

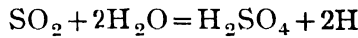
$$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$$

সেইরূপ কতকগুলি ধাতব পারক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া ইহা ধাতব সালফেট গঠন করে।

$$Na_2O_2 + SO_2 = Na_2SO_4 \; ; \quad PbO_2 + SO_2 = PbSO_4$$

সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিনের বিরঞ্জক ক্রিয়ার তুলনা (Comparison between Sulphur dioxide and Chlorine in respect of bleaching action) :—

১। সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিন উভয়ই আর্দ্র পদার্থ বিরঞ্জিত করিতে পারে, শুষ্ক পদার্থকে বিরঞ্জিত করিতে পারে না।

২। ক্লোরিন জলের সহিত বিক্রিয়ায় জায়মান অক্সিজেন (nascent oxygen) উৎপন্ন করে।

$$Cl_2 + H_2O = 2HCl + O$$

এই জায়মান অক্সিজেনই রঙীন পদার্থকে জারিত করিয়া বর্ণহীন করিয়া দেয়। অপরদিকে সালফার ডাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় জায়মান হাইড্রোজেন (nascent hydrogen) উৎপন্ন করে।

$$SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2H$$

এই জায়মান হাইড্রোজেনই রঙীন পদার্থকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে। অতএব ক্লোরিন **জারণ প্রক্রিয়ায়** এবং সালফার ডাই-অক্সাইড **বিজারণ প্রক্রিয়ার** দ্বারা বিরঞ্জন করে।

৩। সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থকে কোন কোন সময়ে বায়ুতে মুক্ত অবস্থায় রাখিয়া দিলে পদার্থের বর্ণ ফিরিয়া আসে। ইহার কারণ বায়ুর অক্সিজেন বর্ণহীন পদার্থকে জারিত করার ফলে ইহার বর্ণ ফিরিয়া আসে। কিন্তু ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থের বর্ণ কখনও ফিরিয়া আসে না।

৪। কখন কখন বিরঞ্জন ক্রিয়ার সময় সালফার ডাই-অক্সাইড রঙীন পদার্থের সহিত যুক্ত হয়। এইরূপ বিরঞ্জিত পদার্থে ক্ষার মিশাইলে সালফার ডাই-অক্সাইড অপসারিত হয় এবং পদার্থের বর্ণ ফিরিয়া আসে। কিন্তু ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থের বর্ণ ফিরান সম্ভব নয়।

৫। ক্লোরিন অপেক্ষা সালফার ডাই-অক্সাইড মৃদু বিরঞ্জক। পশম, রেশম, স্পঞ্জ প্রভৃতি ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত করিলে নষ্ট হইয়া যায় কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত করিলে নষ্ট হয় না।

সালফারডাই-অক্সাইডের ব্যবহার (Uses of Sulphur dioxide) :— ইহা সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুতে ও সালফাইট, বাইসালফাইট লবণ প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। ইহা বীজাণুনাশক (disinfectant) রূপেও ব্যবহৃত হয়। ইহা হিমায়নে (refrigeration) ও বিরঞ্জনে ব্যবহৃত হয়। সালফার ডাই অক্সাইড মদ্য, মাংস প্রভৃতি সংরক্ষণে, শর্করা ও কাগজ শিল্পে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া ক্লোরিন ধ্বংসী (antichlor) রূপেও ব্যবহৃত হয়।

নিরীক্ষণ (Tests) :—ইহার তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধক পোড়ার গন্ধ আছে। পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ-লিপ্ত কাগজকে ইহা বর্ণহীন করিয়া দেয়। পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক এ্যাসিড দ্রবণসিক্ত কাগজকে ইহা সবজবর্ণ করিয়া দেয়। পটাশিয়াম আয়োডাইড ও স্টার্চ দ্রবণ-লিপ্ত কাগজকে ইহা নীল বর্ণ করে।

সালফিউরিক এ্যাসিড
(Sulphuric Acid)

আণবিক সংকেত—H_2SO_4 আণবিক গুরুত্ব—98

ইতিহাস (History) :—রসায়নাগারে যতগুলি এ্যাসিড ব্যবহৃত হয়, উহাদের মধ্যে সালফিউরিক এ্যাসিড একটি গুরুত্বপূর্ণ এ্যাসিড। ইহা শিল্পোন্নত দেশে একটি অপরিহার্য শিল্প উপাদানরূপে ব্যবহৃত হয়। কোন দেশে ব্যবহৃত সালফিউরিক এ্যাসিডের পরিমাণ সেই দেশের শিল্পজাত সম্পদের মাপকাঠি।

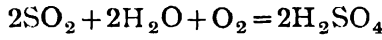
প্রাচীন এ্যালকেমি যুগেও সালফিউরিক এ্যাসিড উৎপাদন ও প্রয়োগ জানা ছিল। অষ্টম শতাব্দীতে **গেবার (Geber)** ফটকিরিকে (alum) পাতন করিয়া এই এ্যাসিডটি প্রস্তুত করেন। ১৬০০ খৃষ্টাব্দে **বাসিল ভ্যালেনটাইন (Basil Valentine)** হীরাকসকে (green vitriol—$FeSO_4$) পাতন করিয়া সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুত করেন। গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড তৈলের ন্যায় ঘন বলিয়া ইহাকে ভিট্রিয়লের তেল (Oil of vitriol) বলা হইত। ১৬৭৫ খৃষ্টাব্দে **লেমেরি (Lemery)** সালফার ও সোরার মিশ্রণ জলপূর্ণ কাচ পাত্রের মধ্যে দহন করিয়া ইহা প্রস্তুত করেন। অষ্টাদশ শতাব্দী হইতে লেমেরির প্রণালীই সংশোধিতরূপে কাচপাত্রের পরিবর্তে সীসার প্রকোষ্ঠে (Lead chamber) সালফিউরিক এ্যাসিড উৎপাদন হইতেছে। ১৮৭৫ খৃষ্টাব্দে **উইনকলার (Winkler)** আবিষ্কার করেন যে, সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন একত্রে প্লাটিনাম প্রলেপযুক্ত এ্যাসবেস্টসের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস

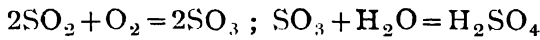
জলে দ্রবীভূত করিলে সালফিউরিক এ্যাসিড উৎপন্ন হয়। পরে জার্মান বৈজ্ঞানিকগণ এই পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া বর্তমান স্পর্শ পদ্ধতি (Contact Process) প্রবর্তন করেন।

অবস্থান (Occurrence) :—এ্যাসিড অবস্থায় ইহা প্রকৃতিতে সাধারণতঃ দেখা যায় না। কখনও কখনও সহরের বৃষ্টির জলে খুব অল্প পরিমাণে সালফিউরিক এ্যাসিড থাকে। ইহার ধাতব লবণগুলি প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুতি :
(Preparation of Sulphuric acid)

সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ বা সালফিউরাস এ্যাসিড বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিয়া দিলে, ইহা স্বতঃ-জারণ প্রক্রিয়ায় (auto-oxidation) ধীরে ধীরে সালফিউরিক এ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$2SO_2 + 2H_2O + O_2 = 2H_2SO_4$$

অথবা সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া সালফিউরিক এ্যাসিডে পরিণত হয়।

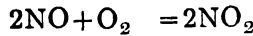
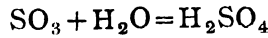
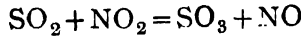
$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3 \; ; \; SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

সাধারণ অবস্থায় এইভাবে সালফার ডাই-অক্সাইড খুব ধীরে ধীরে জারিত হয় এবং যথেষ্ট পরিমাণ সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাইতে দীর্ঘ সময়ের প্রয়োজন হয়। কিন্তু সালফিউরিক এ্যাসিডের চাহিদা এত বেশী যে সর্বদা ইহা প্রচুর পরিমাণে উৎপন্ন করিতে হয়। সুতরাং সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ক্রিয়া দ্রুত সম্পন্ন করিবার জন্য অনুঘটক (catalyst) ব্যবহার করিতে হয়। যে পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন পারক্সাইড (NO_2) অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হয় তাহাকে **প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (Chamber Process)** এবং যে পদ্ধতিতে ভ্যানেডিয়াম পেন্টক্সাইড (V_2O_5) বা প্লাটিনাম প্রলেপযুক্ত এ্যাসবেস্টস্ অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয় তাহা **স্পর্শ পদ্ধতি (contact Process)** নামে অভিহিত।

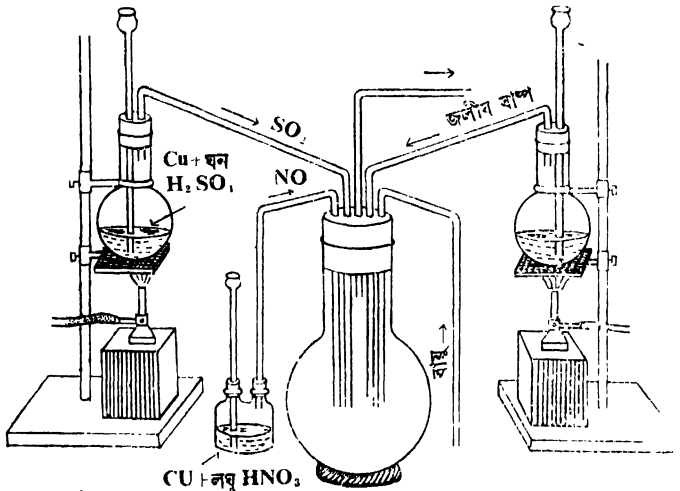
প্রকোষ্ঠ পদ্ধতির নীতি (Principle of chamber Process) :—এই পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন পারক্সাইড গ্যাসের উপস্থিতিতে সাধারণ চাপ এবং সাধারণ উষ্ণতায় সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হয়। নাইট্রোজেন পারক্সাইড কিভাবে বিক্রিয়াটিকে প্রভাবিত করে সে বিষয়ে অনেক মতবাদ (theory) আছে। সাধারণতঃ ধরা হইয়াছে যে, নাইট্রোজেন পারক্সাইড সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করিয়া

সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইড স্টীম সহযোগে সালফিউরিক এ্যাসিডে পরিণত হয় এবং নাইট্রিক অক্সাইড বায়ু সহযোগে পুনরায় নাইট্রোজেন পারক্সাইডে পরিণত হয়।

$$SO_2 + NO_2 = SO_3 + NO$$

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

উৎপন্ন নাইট্রোজেন পারক্সাইড পুনরায় সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করে এবং বিক্রিয়াটি ক্রমান্বয়ে চলিতে থাকে। নাইট্রোজেন পারক্সাইড বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে একই অবস্থায় থাকে ; ইহা কেবলমাত্র অক্সিজেনবাহক (Oxygen carrier) রূপে থাকে।

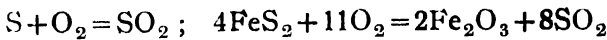
পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Laboratory Process) :—উপরিবর্ণিত নীতি অনুধাবন করিয়া পরীক্ষাগারে নিম্নে বর্ণিত উপায়ে সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। একটি বড় ফ্লাস্কের মুখ রবারের ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হয়।

পরীক্ষাগারে সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুতি

ছিপির মধ্য দিয়া পাঁচটি নির্গম নল ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করান হয়। প্রথম নলটির মধ্য দিয়া পাম্পের সাহায্যে বায়ু ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করান হয়। সালফার পোড়াইয়া কিংবা কপারকুচি ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বিতীয় নল দিয়া ফ্লাস্কে প্রবেশ করান হয়।

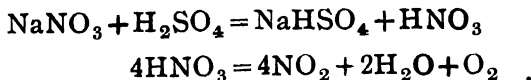
একটি উলফ্ বোতলে কপার কুচি লইয়া ইহাতে গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড ঢালিলে উৎপন্ন নাইট্রোজেন পারক্সাইড গ্যাস তৃতীয় নল দিয়া ফ্লাস্কে প্রবেশ করান হয়। একটি ফ্লাস্কে জল উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন স্টীম চতুর্থ নলপথে ফ্লাস্কে চালনা করা হয়। ফ্লাস্কের প্রবিষ্ট পঞ্চম নলটি দিয়া অবিকৃত অন্যান্য গ্যাসগুলি নির্গত হইয়া যায়। সালফার ডাই-অক্সাইড নাইট্রোজেন পারক্সাইডের উপস্থিতিতে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং স্টীমের সহিত বিক্রিয়ায় ফ্লাস্কের গায়ে বিন্দু বিন্দু তেলের ন্যায় সালফিউরিক এ্যাসিড উৎপন্ন করে।

সীসক প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (Lead Chamber Process) :—ইহা সালফিউরিক এ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতের (Industrial Preparation) আধুনিক পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে যে যন্ত্রসজ্জা ব্যবহৃত হয় তাহার প্রধান অংশগুলি হইল (১) পাইরাইটিস চুল্লী (Pyrites burner), (২) নাইটার পাত্র (nitre oven), (৩) গ্লভার স্তম্ভ (Glover's tower), (৪) সীসক প্রকোষ্ঠ সমূহ (Lead chambers) এবং (৫) গে-লুসাক স্তম্ভ (Gay-lussac's tower)।

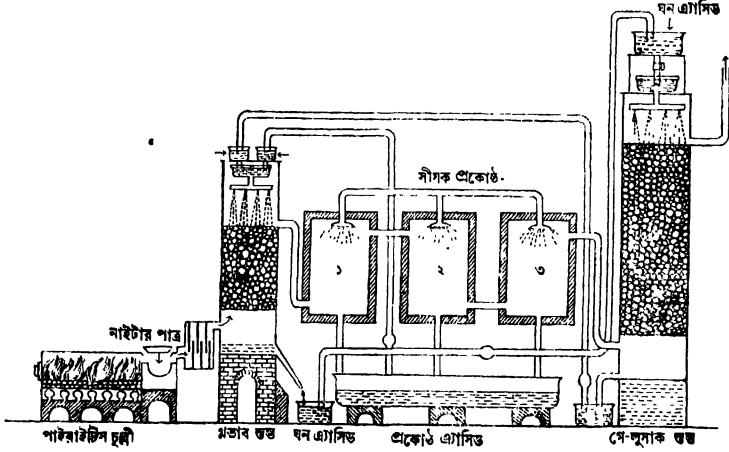
প্রথমে একসারি (প্রায় 24টি) অগ্নিসহ ইষ্টক নির্মিত চুল্লীর উপর সালফার বা আয়রণ পাইরাইটিস অতিরিক্ত বায়ুতে পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

$$S+O_2=SO_2 ; \quad 4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$$

উত্তপ্ত সালফার ডাই-অক্সাইড ও অতিরিক্ত বায়ু **পাইরাইটিস চুল্লী** হইতে বাহির হইয়া চুল্লীর উপরে রক্ষিত নাইটার পাত্রের উপর দিয়া প্রবাহিত হয়। **নাইটার পাত্রে** (**nitre oven**) সমপরিমাণ চিলি সল্টপিটার ($NaNO_3$) ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড থাকে। গ্যাসের উত্তাপে সেখান হইতে উৎপন্ন নাইট্রিক এ্যাসিড বাষ্পীভূত হয় এবং বিজারিত (reduced) হইয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইডে পরিণত হয়।

$$NaNO_3+H_2SO_4=NaHSO_4+HNO_3$$

$$4HNO_3=4NO_2+2H_2O+O_2$$

উষ্ণ সালফার ডাই-অক্সাইড, বায়ু এবং নাইট্রোজেন পারক্সাইড একত্র মিশ্রিত অবস্থায় একটি নলের ভিতর দিয়া গ্লভার স্তম্ভে প্রবেশ করে।

গ্লভার স্তম্ভটি (Glover's tower) 40 ফিট উচ্চ এবং সীসার পাত দিয়া তৈয়ারী। ইহার ভিতরের দেওয়াল অম্লসহ (acid proof) উপাদান দ্বারা আবৃত

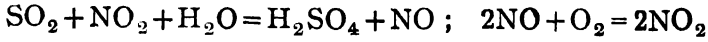
থাকে। স্তম্ভের ভিতর ফ্লিণ্ট কাচ (flint) বা স্ফটিকের (quartz) টুকরায় ভরা থাকে। গ্যাস মিশ্রণটি স্তম্ভের তলদেশে প্রবেশ করিয়া উপরের দিকে উঠিতে থাকে। স্তম্ভটির উপরে দুইটি ট্যাঙ্ক থাকে। একটি ট্যাঙ্ক হইতে সীসার প্রকোষ্ঠে উৎপন্ন লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড (65%) এবং অপরটি হইতে গে-লুসাক স্তম্ভ হইতে উৎপন্ন

প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুতি

নাইট্রোজেনের অক্সাইডযুক্ত সালফিউরিক এ্যাসিড ধীরে ধীরে ধারাপাত করা হয় স্তম্ভের ভিতরে নিম্নগামী শীতল এ্যাসিড দুইটি উষ্ণ গ্যাস মিশ্রণের সংস্পর্শে আসিয়া নিম্নলিখিত পরিবর্তন সাধিত হয়।

(১) গ্যাস মিশ্রণের উষ্ণতা কমিয়া যায় এবং পরবর্তী সীসক প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করিবার সময় মিশ্রণের উষ্ণতা প্রায় 30°—50°C-য়ে থাকে। (২) গ্যাস মিশ্রণের উষ্ণতায় লঘু এ্যাসিডের জল অধিকাংশ বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং স্তম্ভের নীচে একটি ট্যাঙ্কে গাঢ় এ্যাসিড (78%) সঞ্চিত হয়। এই এ্যাসিডের কিছু অংশ পাম্প করিয়া গে-লুসাক স্তম্ভে লইয়া যাওয়া হয়। (৩) নাইট্রোজেনের অক্সাইডযুক্ত সালফিউরিক এ্যাসিড অর্থাৎ নাইট্রেটেড সালফিউরিক এ্যাসিড উষ্ণ গ্যাসের তাপে প্রকোষ্ঠ এ্যাসিডের পরিত্যক্ত জলে আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও সালফিউরিক এ্যাসিডে পরিণত হয়।

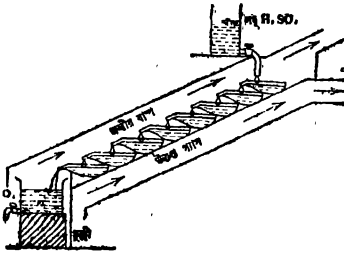
গ্লভার স্তম্ভ হইতে বিনির্গত গ্যাসসমূহ অতঃপর সীসক প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। **সীসক প্রকোষ্ঠগুলি (Lead Chamber)** বিশুদ্ধ সীসার পাত গলাইয়া জোড়া দিয়া প্রকোষ্ঠ তৈয়ারী হয় এবং একটি কাঠের ফ্রেমে তিনটি প্রকোষ্ঠ ঝুলান থাকে। এক

একটি প্রকোষ্ঠ দৈর্ঘে 100 ফুট, প্রস্থে 25 ফুট এবং 20 ফুট উচ্চ থাকে। উপর হইতে শীতল জলধারা প্রকোষ্ঠের ভিতর সর্বদা দেওয়া হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলির ভিতরে বাকি সমস্ত সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস্ জারিত হইয়া সালফিউরিক এ্যাসিডে পরিণত হয়।

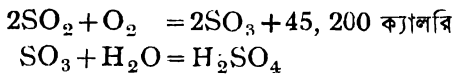
$$SO_2 + NO_2 + H_2O = H_2SO_4 + NO \; ; \quad 2NO + O_2 = 2NO_2$$

উৎপন্ন লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড (65%) প্রকোষ্ঠের নীচে একটি কাঠের পাত্রে সঞ্চিত হয়। এই এ্যাসিডকে **প্রকোষ্ঠ এ্যাসিড** (**Chamber acid**) বলা হয়। ইহার কিছু অংশ পাম্প করিয়া গ্লভার স্তম্ভে তোলা হয়। প্রকোষ্ঠে জল সরবরাহ এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত করিতে হয় যাহাতে উৎপন্ন এ্যাসিড অত্যধিক লঘু না হয় কিংবা ইহার তীব্রতা 70% অধিক না হয় তাহার কারণ অত্যধিক তীব্র এ্যাসিড প্রকোষ্ঠকে ক্ষয় করে এবং নাইট্রোজেনের অক্সাইড শোষণ করে। জলের সরবরাহ কম হইলে, অনেক সময় প্রকোষ্ঠের দেওয়ালে সাদা একপ্রকার কঠিন কেলাস উৎপন্ন হয়। ইহাকে **প্রকোষ্ঠ কেলাস** [**Chamber crystal**—SO_2 (OH) NO_2] বলে। জলের মাত্রা অধিক হইলেই কেলাসগুলি দ্রবীভূত হইয়া পুনরায় সালফিউরিক এ্যাসিড উৎপন্ন করে।

শেষ প্রকোষ্ঠ হইতে যে গ্যাস নির্গত হয় তাহাতে স্বল্প পরিমাণ অপরিবর্তিত সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড থাকে। এই গ্যাস মিশ্রণটি অতঃপর গে-লুসাক স্তম্ভে প্রবেশ করে। **গে-লুসাক স্তম্ভ** (**Gay-Lussac's tower**) প্রায় 60 ফুট উচ্চ এবং 12 ফুট ব্যাসের সীসার তৈয়ারী একটি স্তম্ভ। ইহার ভিতর কোক কয়লা পূর্ণ থাকে। স্তম্ভের উপরে একটি ট্যাঙ্কে গ্লভার স্তম্ভ হইতে প্রাপ্ত গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড পূর্ণ থাকে। উর্ধ্বগামী গ্যাসের সংস্পর্শে ট্যাঙ্ক হইতে ক্ষরিত গাঢ় এ্যাসিড আসিলে উহা নাইট্রোজেনের অক্সাইড সমূহ শোষন করিয়া **নাইট্রেটেড সালফিউরিক এ্যাসিডে** (**nitrated sulphuric acid**) পরিণত হইয়া স্তম্ভের নীচে পাত্রে সঞ্চিত হয়। এই এ্যাসিড পাম্প করিয়া গ্লভার স্তম্ভে লইয়া যাওয়া হয়। গে-লুসাক স্তম্ভ হইতে নির্গত গ্যাস (অতিরিক্ত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন) চিমনি দিয়া বাহির হইয়া যায়।

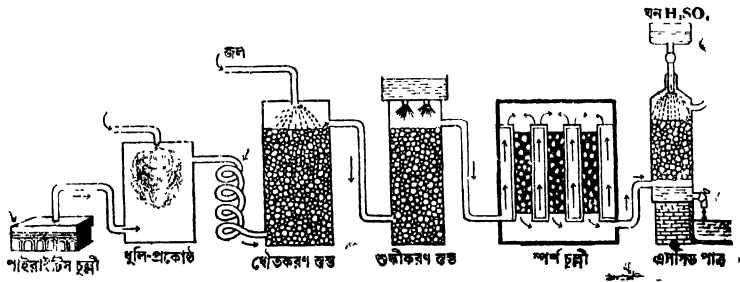
প্রকোষ্ঠ এ্যাসিডের গাঢ়করণ (**Concentration of Chamber acid**) :—প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে প্রাপ্ত এ্যাসিডে 78% এ্যাসিড থাকে। ইহা সুপার ফসফেট, এ্যামোনিয়াম সালফেট প্রভৃতি প্রস্তুতিতে যথেষ্ট উপযোগী হইলেও বহু শিল্পে ইহা অপেক্ষা অধিক গাঢ় এ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। এইজন্য এই এ্যাসিডকে গলিত

সিলিকা (fused silica) নির্মিত ঠোঁটযুক্ত (lip) পাত্রে রাখিয়া উষ্ণ গ্যাস প্রবাহে গাঢ় করা হয়। এইরূপ অনেকগুলি পাত্র বদ্ধ জায়গায় পরপর ধাপে ধাপে এমনভাবে সাজান থাকে যাহাতে উপরের পাত্রের ঠোঁট দিয়া বিন্দু বিন্দু এ্যাসিড নীচের পাত্রে অনায়াসে পড়ে। পাত্রগুলি গ্যাসদ্বারা উত্তপ্ত করা হয় এবং পাত্রের উপর দিয়া উষ্ণ গ্যাস প্রবাহ পাঠান হয়। ফলে পতনোন্মুখ এ্যাসিডের বিন্দু হইতে জল বাষ্পীভূত হয় এবং এ্যাসিড ঘনীভূত হইয়া 95% গাঢ় এ্যাসিডে পরিণত হয়।

প্রকোষ্ঠ এ্যাসিডের গাঢ়করণ

স্পর্শ পদ্ধতি (Contact Process) :- -এই পদ্ধতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড ও বায়ু প্লাটিনামযুক্ত এ্যাসবেস্‌টস্ (platinised asbestos) বা ভ্যানেডিয়াম পেণ্টক্সাইড (V_2O_5) প্রভাবক উপস্থিতিতে সংযোগ ঘটাইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় এবং উহাকে সালফিউরিক এ্যাসিডে পরিণত করা হয়। এইজন্য ইহার নামকরণ স্পর্শ পদ্ধতি (contact process) হইয়াছে।

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3 + 45,200 \text{ ক্যালরি}$$
$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

এই পদ্ধতিতে সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুতে কতকগুলি শর্ত (condition) পালন করা প্রয়োজন। প্রথমতঃ সালফার ডাই-অক্সাইড ও বায়ুর মিশ্রণ বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন। তাহার কারণ, চুল্লী হইতে নির্গত গ্যাসগুলিতে ধূলা, সালফারের সূক্ষ্ম গুঁড়া, আর্সেনিয়াস অক্সাইড প্রভৃতি কলুষ পদার্থ (impurities) থাকে। ইহারা প্রভাবককে (catalyst) বিষাক্ত (poisonous) করিয়া দেয়, ফলে উহার কর্মশক্তি কমিয়া যায়। দ্বিতীয়তঃ সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের বিক্রিয়াটি উভমুখী (reversible) এবং তাপোৎপাদক (exothermic)। সুতরাং উত্তাপ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে সালফার ট্রাই-অক্সাইড বিশ্লিষ্ট হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উত্তাপ কম হইলে সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ক্রিয়া মন্থর হইয়া যায়। সেইজন্য প্রভাবক প্রকোষ্ঠটি মধ্যম উষ্ণতায় (optimum temperature) রাখা হয়। ইহা সাধারণতঃ 400—450°C-য়ে সীমাবদ্ধ রাখা হয়। তৃতীয়তঃ উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে জলের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে সাদা কুয়াশার সৃষ্টি হয়।

সেইজন্য উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে দ্রবীভূত করিতে দ্রাবকরূপে 98%.গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

এই পদ্ধতিতে প্রথমে সালফার কিংবা আয়রণ পাইরাইটস অতিরিক্ত বায়ুতে পোড়াইয়া সালফার ডাই অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করা হয়। উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণ একটি প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করান হয়। প্রকোষ্ঠটিকে **ধূলি-প্রকোষ্ঠ (dust chamber)** বলা হয়। ইহার উপর হইতে স্টীম প্রবাহিত করা হয়, ফলে গ্যাস-মিশ্রবাহিত ধূলিকণা স্টীম দ্বারা আক্রান্ত হইয়া প্রকোষ্ঠের তলায় জমা হয়। আংশিক পরিস্রুত গ্যাসমিশ্রণ অতঃপর একটি কুণ্ডলীকৃত সীসার নলের (lead pipe) মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া **ধৌতকরণ স্তম্ভে (scrubber)** প্রবিষ্ঠ করা হয়। স্তম্ভের ভিতর স্ফটিক (quartz) ভরা থাকে এবং উপর হইতে জলের ধারা-পাত করা হয়। ঊর্ধ্বগামী গ্যাস নিম্নগামী জলের সংস্পর্শে আসিয়া শীতল হইয়া যায় এবং দ্রাব্য কলুষ পদার্থগুলি (soluble impurities) দূরীভূত হয়। অতঃপর আর্দ্র ও শীতল গ্যাস মিশ্রণটি পরবর্তী **শুষ্কীকরণ স্তম্ভে (drying tower)** প্রবেশ করে। এই স্তম্ভেও স্ফটিক (quartz) ভরা থাকে এবং উপর হইতে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড ধারাপাত করা হয়। সালফিউরিক এ্যাসিড ঊর্ধ্বগামী গ্যাসমিশ্রণ হইতে জলীয় বাষ্প শুষিয়া লয় এবং গ্যাসমিশ্রণ বিশুষ্ক ও স্বচ্ছ হয়। অনেক সময় মিশ্রণের

স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুতি

বিশুদ্ধতা ও স্বচ্ছতা পরীক্ষা করিবার জন্য গ্যাসমিশ্রণটি একটি বাক্সে লইয়া তীব্র আলোক রশ্মি ফেলিয়া ইহার স্বচ্ছতা পরীক্ষা করা হয়। এই বাক্সটিকে টিণ্ডাল বাক্স (Tyndal box) বলে।

এই বিশুদ্ধ ও শুষ্ক গ্যাস মিশ্রণটি অতঃপর **স্পর্শ চুল্লীতে (Contact Furnace)** প্রবেশ করে। এই চুল্লীটি লোহার তৈয়ারী পাত্র। ইহার ভিতর কয়েকটি লোহার দীর্ঘ নলে সছিদ্র তাকের উপর প্লাটিনামযুক্ত এ্যাসবেস্টস্ (Platinised asbestos)

অথবা ভ্যানেডিয়াম পেণ্টক্সাইড (V_2O_5) প্রভাবক (Catalyst) রাখা হয়। প্রথমে গ্যাস মিশ্রণটি লোহার পাত্রের নীচে প্রবেশ করে এবং নলগুলির চারিপাশ দিয়া পাত্রের উপর পর্যন্ত উঠিয়া নলের ভিতর প্রবেশ করে এবং এ্যাসবেস্‌টসের মধ্য দিয়া নীচে নামিতে থাকে। ইহাতে সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া আরম্ভের পূর্বে প্রভাবকসহ চুল্লীটিকে দীপের সাহায্যে 400°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত রাখা হয়। প্রভাবক সংস্পর্শে সালফার ডাই-অক্সাইড জারণের সময় প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয়। সুতরাং উৎপন্ন তাপের প্রভাবে চুল্লীর তাপ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। কিন্তু নলের বাহিরে ঊর্ধ্বগামী শীতল গ্যাসমিশ্রণ ও নলের ভিতরে নিম্নগামী উষ্ণ গ্যাসমিশ্রণের মধ্যে তাপ আদান-প্রদান হয়। ফলে বাহিরের শীতল গ্যাস নলে প্রবেশের পূর্বেই উষ্ণ হয় এবং ভিতরের গ্যাস একটু শীতল হয়। সুতরাং বাহির হইতে চুল্লীর ভিতর গ্যাসের প্রবাহ এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয় যাহাতে চুল্লীর উষ্ণতা 450°C-য়ে বজায় থাকে এবং পরে বাহির হইতে চুল্লীকে উত্তপ্ত করিবার প্রয়োজন হয় না।

অতঃপর উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাসকে একটি গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডপূর্ণ (98%) পাত্রে অতিক্রম করান হয়। এই এ্যাসিড-পাত্রে একদিকে প্রবেশ করে সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস এবং অপরদিক হইতে জলের ধারা প্রবেশ করে। পাত্রে জল প্রবাহ এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত করা হয় যাহাতে এ্যাসিডের তীব্রতা সর্বদাই 98% থাকে।

98% সালফিউরিক এ্যাসিডে অতিরিক্ত সালফার ট্রাই-অক্সাইড অতিক্রম করাইলে ধূমায়মান সালফিউরিক এ্যাসিড (fuming sulphuric acid) বা ওলিয়াম (oleum) পাওয়া যায়।

প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি এবং স্পর্শ পদ্ধতির তুলনা

প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি	স্পর্শ পদ্ধতি
১। উৎপন্ন এ্যাসিড লঘু (65—70% এ্যাসিড থাকে)।	উৎপন্ন এ্যাসিড গাঢ় (9৮—100% এ্যাসিড থাকে)।
2। প্রাপ্ত এ্যাসিড বিশুদ্ধ নয়। SO_2 গ্যাসের জন্য আয়রণ পাইরাইটিস ব্যবহার করিলে প্রাপ্ত এ্যাসিডে আর্সেনিক (As) কলুষ পদার্থ থাকে	২। প্রাপ্ত এ্যাসিড বিশুদ্ধ। কারণ স্পর্শ চুল্লীতে SO_2 ও বায়ু প্রবেশ করিবার পূর্বে গ্যাস বিশুদ্ধ করিয়া লওয়া হয়।

প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি	স্পর্শ পদ্ধতি
৩। SO_2 গ্যাসের সবটাই জারিত হয় না, ফলে গ্যাসের অপচয় হয়।	৩। SO_2 গ্যাসের সবটাই জারিত হয়, ফলে গ্যাসের অপচয় হয় না।
৪। এ্যাসিডের গাঢ়করণ প্রক্রিয়াটি বিশেষ কষ্টকর এবং ব্যয়বহুল।	৪। এ্যাসিডের গাঢ়করণের প্রয়োজন নাই।
৫। এই পদ্ধতিতে খরচ কম লাগে।	৫। এই পদ্ধতিতে খরচ বেশী লাগে।
৬। প্রাপ্ত এ্যাসিড সল্টকেক, সুপার ফসফেট, এ্যামোনিয়াম সালফেট এবং ফটকিরি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।	৬। প্রাপ্ত এ্যাসিড পেট্রলিয়াম শোধনে, রং প্রস্তুতে, বিস্ফোরক প্রস্তুতে এবং ঔষধে ব্যবহৃত হয়।

ভারতবর্ষে অধিকাংশ স্থানে সীসক প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতেই সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। মাদ্রাজে D. waldie & Co., Parry & Co., বোম্বেতে The Eastern Chemical Co. Ltd., আমেদাবাদে The Dharmsi Morarji Chemical Co. Ltd., এবং আরও অন্যান্য জায়গায় চেম্বার পদ্ধতিতে সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুত হইতেছে। বিহারে The Tata Iron & Steel Co. Ltd., ডিগবয়ে The Assam Oil Co.-তে স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। পানিহাটীতে Bengal Chemicals-য়ে আগে চেম্বার পদ্ধতি অবলম্বন করা হইত, কিন্তু এখন স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক এ্যাসিড প্রস্তুত করা হইতেছে। পৃথিবীর অধিকাংশ স্থানে বর্তমানে স্পর্শ পদ্ধতি প্রাধান্য লাভ করিতেছে।

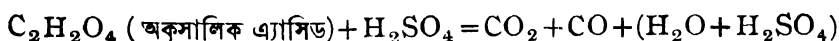
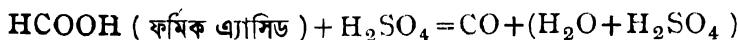
সালফিউরিক এ্যাসিডের ধর্ম :
(Properties of Sulphuric Acid)

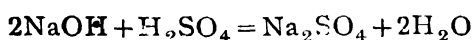
ভৌতধর্ম (Physical Properties) :—বিশুদ্ধ সালফিউরিক এ্যাসিড বর্ণহীন, গন্ধহীন, তৈলের ন্যায় তরল পদার্থ। বিশুদ্ধ সালফিউরিক এ্যাসিড তড়িৎ অপরিবাহি (non-conductor) কিন্তু এ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ ও তাপের সুপরিবাহি (good conductor of heat and electricity)। সালফিউরিক এ্যাসিড প্রবল জলাকর্ষী (hygroscopic) পদার্থ। ইহা জলের সহিত যে-কোন মাত্রায় দ্রবণীয়। সালফিউরিক এ্যাসিডে জল যোগ করিলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। সেইজন্য অতিমাত্রায় জলের মধ্যে ধীরে ধীরে সালফিউরিক এ্যাসিড ঢালিয়া লঘু করা হয়। ইহা গায়ের চামড়ায় পড়িলে বিষাক্ত ক্ষত উৎপন্ন করে।

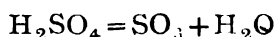
রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—সালফিউরিক এ্যাসিডের জল বা জলীয় বাষ্পের প্রতি আসক্তি (affinity) অত্যধিক। সেইজন্য আর্দ্র পদার্থকে

বিশুষ্ক করিবার জন্য শোষকাধারে (desiccator) বিশোষকরূপে (dehydrating agent) গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। ইহা স্টার্চ, শর্করা, অক্‌সালিক এ্যাসিড, ফর্মিক এ্যাসিড, কোহল প্রভৃতি পদার্থের অণু হইতে হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেনকে জলরূপে আকর্ষণ করিয়া শোষণ করিয়া লয়।

$HCOOH$ (ফর্মিক এ্যাসিড) $+ H_2SO_4 = CO + (H_2O + H_2SO_4)$

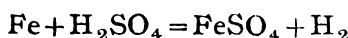
$C_2H_2O_4$ (অক্‌সালিক এ্যাসিড) $+ H_2SO_4 = CO_2 + CO + (H_2O + H_2SO_4)$

সালফিউরিক এ্যাসিড একটি তীব্র দ্বিক্ষারীয় এ্যাসিড। সুতরাং ইহা লাল লিটমাসকে নীল করে এবং ক্ষার ও ক্ষারকের সালফেট ও বাইসালফেট লবণ উৎপন্ন করে।

$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

সালফিউরিক এ্যাসিডকে 450°C-য়ে উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্‌সাইড ও জলে পরিণত হয়।

$$H_2SO_4 = SO_3 + H_2O$$

উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি করিলে, সালফার ডাই-অক্‌সাইড, অক্‌সিজেন ও স্টীম উৎপন্ন হয়।

$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + O_2 + 2H_2O$$

শীতল ও লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত K, Na, Ca, Al, Mn, Fe, Zn, Mg প্রভৃতি ধাতুর বিক্রিয়ায় ধাতব সালফেট ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

শীতল ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত ধাতুর সাধারণতঃ বিক্রিয়া হয় না। কিন্তু উষ্ণ ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড বিভিন্ন ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় ধাতব সালফেট, সালফার ডাই-অক্‌সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

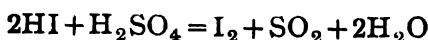
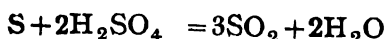
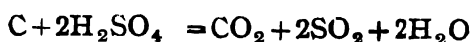
$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

সোনা ও প্লাটিনামের উপর সালফিউরিক এ্যাসিডের কোন ক্রিয়া নাই। তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড একটি উত্তম জারক পদার্থ। কার্বন, সালফার, ফসফরাস, হাইড্রোব্রোমিক এ্যাসিড, হাইড্রো-আয়োডিক এ্যাসিড এবং অনেক ধাতব লবণকে ইহা জারিত করে।

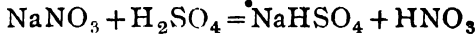
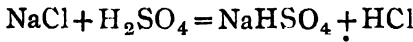
$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$$

$$2HI + H_2SO_4 = I_2 + SO_2 + 2H_2O$$

$$2KBr + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$

সালফিউরিক এ্যাসিড কম উদ্বায়ী (less volatile) এ্যাসিড। সেইজন্য ইহা তাপে ধাতব ক্লোরাইড ও নাইট্রেট লবণ হইতে অধিক উদ্বায়ী এ্যাসিডকে বিমুক্ত করে।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$

সালফিউরিক এ্যাসিডের ব্যবহার (Uses of Sulphuric acid):— ইহা বহু শিল্পে ও নানা কাজে ব্যবহৃত হয়। এ্যামোনিয়াম সালফেট সার ও ফটকিরি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রিক এ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড, সোডা, ফসফরাস, সালফেট ও কার্বনেট লবণ প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া পেট্রোল ও অন্যান্য তৈল বিশোধনে, বিরঞ্জন শিল্পে ব্যবহৃত হয়। টিন, লোহা, জিংক প্রভৃতি ধাতু পরিশ্রুতি ও গ্যালভেনাইজ করার কাজে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রো-গ্লিসারিন, গান কটন প্রভৃতি বিস্ফোরক পদার্থ উৎপাদনে এবং রঞ্জক শিল্পে ব্যবহৃত হয়। বৈদ্যুতিক সেল নির্মাণে এবং রসায়নাগারে বিজারক (reagent) হিসাবে ও বিশোষক (dehydrating agent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

নিরীক্ষণ (Tests):— ইহা বর্ণহীন, গন্ধহীন তৈলের ন্যায় এ্যাসিড। ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে। তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড কপারের সহিত বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত বেরিয়াম ক্লোরাইড ($BaCl_2$) ও লেড নাইট্রেটের [$Pb(NO_3)_2$] বিক্রিয়ায় সাদা অদ্রাব্য সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

সালফেট :
(Sulphates)

সালফিউরিক এ্যাসিডের লবণকে সালফেট বলা হয়। সালফিউরিক এ্যাসিডে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় (replaceable) হাইড্রোজেন আছে। অতএব ইহা দুই রকম লবণ গঠন করিতে পারে। একটি হইল এ্যাসিড লবণ বা **বাই-সালফেট** যথা— $NaHSO_4$, $(NH_4)HSO_4$ এবং অপরটি হইল শমিত-লবণ বা **সালফেট** যথা— $CaSO_4$, K_2SO_4, ইত্যাদি। সাধারণতঃ ধাতু, ধাতব অক্সাইড, ধাতব হাইড্রক্সাইড, কার্বনেট ও ক্লোরাইডের সহিত সালফিউরিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সালফেট লবণ গঠিত হয়। $PbSO_4$, $BaSO_4$, $SrSO_4$ ব্যতীত প্রায় সমস্ত সালফেটই জলে দ্রবণীয়। $CaSO_4$, Ag_2SO_4, Hg_2SO_4 প্রভৃতি জলে সামান্য দ্রবণীয়। অনেক সালফেট লবণে স্ফটিক জল (water of crystallisation) থাকে। যেমন, Na_2SO_4, $10H_2O$ (গ্লবার লবণ), $MgSO_4$, $7H_2O$ (এপ্‌সম লবণ),

$FeSO_4, 7H_2O$ (গ্রীন ভিট্রিয়ল), $ZnSO_4, 7H_2O$ (হোয়াইট ভিট্রিয়ল), $CuSO_4, 5H_2O$ (ব্লু ভিট্রিয়ল) প্রভৃতি।

ফটকিরি (Alum) :—বিভিন্ন ধাতুর কয়েকটি সালফেট লবণের দ্রবণ একত্র মিশাইয়া বাষ্পীভবন করিলে যুগ্ম সালফেট লবণ গঠিত হয়। এই সকল মিশ্রিত লবণের মধ্যে 24 অণু স্ফটিকজল থাকে। **এ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও পটাশিয়াম সালফেটের** মিলনে যে যুগ্ম সালফেট উৎপন্ন হয় তাহাই **ফটকিরি বা এ্যালাম** নামে পরিচিত। ইহার সংকেত হইল $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$। বর্তমানে পটাশিয়াম ও এ্যালুমিনিয়ামের পরিবর্তে যে-কোন একযোজী (monovalent) বা ত্রিযোজী (trivalent) ধাতুর যুগ্ম সালফেটকে সাধারণভাবে এ্যালাম বলা হয়। এই সকল এ্যালামে যদি এ্যালুমিনিয়াম থাকে তাহা হইলে উহা একযোজী ধাতুর নামে পরিচিত হয়। যেমন,—

$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$—পটাশ এ্যালাম।

$(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$—এ্যামোনিয়াম এ্যালাম।

কিন্তু এ্যালুমিনিয়াম না থাকিলে দুইটি ধাতুরই নাম উল্লেখ করা হয়। যেমন,—

$(NH_4)_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$—ফেরিক এ্যামোনিয়াম এ্যালাম।

$K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O$—পটাশিয়াম ক্রোমিয়াম এ্যালাম।

আরও কতকগুলি সালফেট আছে যাহাদের সংকেত এ্যালামের অনুরূপ, কিন্তু স্ফটিকাকার ভিন্ন। ইহাদের স্ফটিকে 24 অণু স্ফটিক জল থাকিতেও পারে কিংবা নাও থাকিতে পারে। ইহাদের **কৃত্রিম এ্যালাম** (**Pseudo Alum**) বলা হয়। যেমন,—$MnSO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$;

$FeSO_4, (NH_4)_2SO_4, 6H_2O$ ইত্যাদি।

এ্যালাম জল বিশোধনে, রঞ্জন শিল্পে, কাগজ ও চর্মশিল্পে ও ঔষধে ব্যবহৃত হয়।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. How is Sulphur obtained industrially ?

[কিরূপে সালফার বৃহদায়তনে পাওয়া যায় ?]

2. What is the action of sulphur vapour on heated copper, iron, oxygen, hydrogen, and chlorine respectively ? Give equations representing the changes which occur.

[সালফার-বাষ্পের উত্তপ্ত কপার, আয়রণ, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের উপর কি কি বিক্রিয়া হইবে ? এই পরিবর্তনগুলির সমীকরণ লিখ।]

3. How would you prepare and collect a specimen of Hydrogen Sulphide? Give examples with equations of the reducing action of hydrogen sulphide.

[কিভাবে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করিয়া সংগ্রহ করিবে? হাইড্রোজেন সালফাইডের বিজারণ গুণের উদাহরণ সমীকরণসহ লিখ।]

4. Describe how Sulphur Dioxide is prepared in the laboratory and how it is collected.

[পরীক্ষাগারে কিরূপে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত হয় এবং ইহা কিরূপে সংগ্রহ করা হয়।]

5. State the physical and chemical properties of Sulphur dioxide. What is the effect of passing chlorine into a solution of Sulphur dioxide in water? Give the equation.

[সালফার ডাই-অক্সাইডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বর্ণনা কর। সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণের মধ্যে ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে কি ফল হইবে? সমীকরণ লিখ।]

6. Explain the bleaching action of sulphur dioxide, and show in what respects it differs from that of chlorine.

[সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন ক্রিয়ার বর্ণনা কর, এবং দেখাও কি কি বিষয়ে বিরঞ্জন গুণে ক্লোরিনের সহিত ইহার পার্থক্য।]

7. A little chlorine is passed into a solution of potassium iodide, and afterwards sulphur dioxide is passed in; state the changes which take place and give equations representing them.

[পটাশিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের মধ্য দিয়া অল্প ক্লোরিন প্রবাহিত করা হইল, এবং পরে ইহাতে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করা হইল; কি পরিবর্তন হইল বর্ণনা কর এবং সমীকরণ লিখ।]

8. Under what circumstances does sulphur dioxide combine directly with oxygen?

[কি অবস্থায় সালফার ডাই-অক্সাইডের অক্সিজেনের সহিত প্রত্যক্ষ সংযোগ হয়?]

9. Describe the manufacture of Sulphuric acid by the "Chamber Process." What are the chief uses of Sulphuric acid ?

["প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে" সালফিউরিক এ্যাসিডের উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর। সালফিউরিক এ্যাসিডের প্রধান ব্যবহার কি ?]

10. Describe the "Contact Process" for the manufacture of Sulphuric acid. Discuss the action of heat on Sulphuric acid.

["স্পর্শ পদ্ধতিতে" সালফিউরিক এ্যাসিড উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর। সালফিউরিক এ্যাসিডের উপর তাপের ক্রিয়া আলোচনা কর।]

11. Compare the reactions of (1) dilute sulphuric acid and (2) hot and concentrated sulphuric acid on metals, viz, zinc, mercury and iron respectively.

[জিংক, মার্কারী এবং লোহার উপর (১) লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড এবং (২) উত্তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের ক্রিয়ার তুলনা কর।]

12. Write down the formulae of the normal sulphates of copper, potassium, lead, iron and aluminium.

[কপার, পটাশিয়াম, লেড, আয়রণ এবং এ্যালুমিনিয়ামের শমিত সালফেটগুলির সংকেত লিখ।]

১৪

ব্যবহারিক রসায়ন

(Practical Chemistry)

এ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের প্রস্তুতি ও ধর্ম বিষয়ে প্রাক্টিক্যাল ক্লাসে ছাত্রগণ যেরূপভাবে পরীক্ষা করিবে সেইভাবেই—

এ্যামোনিয়া গ্যাসের প্রস্তুতি —পৃষ্ঠা ১০৭—১০৮

" " ধর্ম —পৃষ্ঠা ১১১—১১৪

কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের প্রস্তুতি—পৃষ্ঠা ২০১—২০২

" " " " ধর্ম —পৃষ্ঠা ২০৩—২০৪

হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের ধর্ম —পৃষ্ঠা ১৬২—১৬৪

ক্লোরিনের ধর্ম —পৃষ্ঠা ১৭১—১৭৫

বর্ণিত হইয়াছে। বিভিন্ন লবণের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সালফাইডের ধর্ম সালফাইড অনুচ্ছেদে পৃষ্ঠা ২২৭-২২৯ বর্ণিত হইয়াছে, সুতরাং উহাদের পুনরুল্লেখ নিষ্প্রয়োজন মনে করিয়া এই অধ্যায়ে বর্ণনা করা হইল না।

পদার্থের উপর তাপ ও বিকারকের ক্রিয়া ও নির্গত গ্যাসের পরিচিতঃ (Effect of heat and reagents on substances including the recognition of evolved gases)

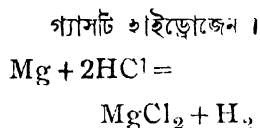
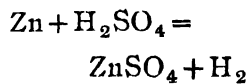
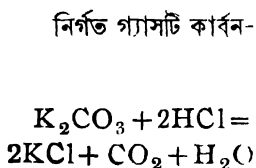
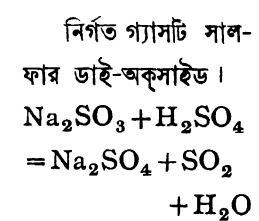
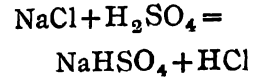
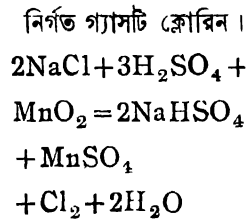
একটি শুষ্ক ও পরিষ্কার পরীক্ষা-নলে (test tube) সামান্য পরিমাণ পদার্থ চূর্ণ লইয়া পরীক্ষা-নলটিকে চিমটার (holder) সাহায্যে অনুভূমিকভাবে দীপ্তিহীন শিখায় (non-luminous flame) প্রথমে ধীরে ধীরে এবং পরে জোরে উত্তপ্ত করিলে বিভিন্ন পদার্থের বিভিন্ন প্রকার পরিবর্তন দেখা যায়। এই পরিবর্তনগুলি পদার্থের স্বরূপ নির্ণয়ে সাহায্য করে। কোন কোন ক্ষেত্রে উত্তপ্ত পদার্থ হইতে গ্যাস নির্গত হয় এবং রাসায়নিক পরীক্ষা দ্বারা নির্গত গ্যাসকে সনাক্ত (identify) করা যায়। পরপৃষ্ঠায় বর্ণিত পদার্থগুলি **তাপ দিলে** কি পরিবর্তন হয় বর্ণনা করা হইল।

পদার্থের নাম	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
১। সাদা স্ফটিকাকার অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl)	বাষ্পীভূত হইয়া পরীক্ষা নলের উপরের শীতল অংশে পুনরায় কঠিন অবস্থায় পরিণত হয়।	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ঊর্ধ্বপাতিত হয়।
২। নীল বর্ণের স্ফটিকাকার তুঁতে ($CuSO_4, 5H_2O$)	সাদা গুঁড়ায় পবিণত হয় ও পরীক্ষা-নলের শীতল অংশে জলীয় বাষ্প জমা হয়।	তুঁতের স্ফটিক জল বাহির হইয়া যায় এবং অনার্দ্র লবণে পরিণত হয়।
পরীক্ষা নলটি শীতল হইলে উহাতে এক ফোঁটা জল দিলে	নীলবর্ণ ফিরিয়া আসিল।	অনার্দ্র লবণ পুনরায় সোদক স্ফটিকে পরিণত হইল।
৩। পটাশিয়াম বা সোডিয়াম নাইট্রেট (KNO_3 বা $NaNO_3$)	বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হয়।	পটাশিয়াম বা সোডিয়াম নাইট্রেট বিয়োজিত হইয়া নাইট্রাইটে পরিণত হয়।
পরীক্ষা-নলের মুখে একটি জ্বলন্ত শলাকা ধরিলে	শলাকা উজ্জ্বল শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে।	অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়।
৪। সাদা জিংক কার্বনেট ($ZnCO_3$)	বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয়। পদার্থটি উত্তপ্ত অবস্থায় হলুদ বর্ণ কিন্তু শীতল অবস্থায় সাদা।	জিংক কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া জিংক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উহার জন্যই বর্ণের পরিবর্তন হয়।
নির্গত গ্যাসটি একটি পরীক্ষা-নলে রক্ষিত স্বচ্ছ চূণজলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে	চূণ জল ঘোলা হইয়া যাইবে; অতিবিক্ত গ্যাস প্রবাহিত করিলে ঘোলা চূণ জল পুনরায় বর্ণহীন হইয়া যাইবে।	নির্গত গ্যাসটি কার্বন ডাই-অক্সাইড। চূণের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করার ফলে চূণ জল ঘোলা হয়। অতিরিক্ত প্রবাহিত করিলে দ্রাব্য বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয়।

পদার্থের নাম	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
৫। হাল্কা সবুজ বর্ণের কপার কার্বনেট ($CuCO_3$)	বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হয় এবং পরীক্ষা নলে কালো পদার্থ অবশিষ্ট থাকে।	কপার কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া কালো কপার অক্সাইডে পরিণত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।
নির্গত গ্যাসটি চূণজলে প্রবাহিত করিলে	চূণ জল ঘোলা হয়	অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়।
৬। বর্ণহীণ স্ফটিকাকার লেড নাইট্রেট [$Pb(NO_3)_2$]	গাঢ় বাদামী বর্ণের গ্যাস নির্গত হয় এবং পরীক্ষা-নলে হলুদবর্ণের পদার্থ অবশিষ্ট থাকে।	লেড নাইট্রেট বিয়োজিত হইয়া হলুদবর্ণের লেড মনোক্সাইডে PbO পরিণত হয় এবং গাঢ় বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন পারক্সাইড গ্যাস ও উহার সহিত অক্সিজেন নির্গত হয়।
পরীক্ষা নলের মুখে শিখাহীন জ্বলন্ত কাঠি ধলে	কাঠি শিখাসহ জ্বলিয়া উঠিবে।	
৭। ফিকে সবুজ বর্ণের স্ফটিকাকার ফেরাস সালফেট ($FeSO_4, 7H_2O$)	সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয় এবং পরীক্ষা-নলের শীতল অংশে জলীয় বাষ্প জমা হয়। উচ্চ তাপে উহা গাঢ় লাল বর্ণের পদার্থে পরিণত হয় ও গ্যাস নির্গত হয়।	পদার্থটির স্ফটিক জল নির্গত হইয়া যায় এবং উহা অনার্দ্র লবণে পরিণত হয়। উচ্চতাপে উহা বিয়োজিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং সালফার ডাই ও ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।

পরপৃষ্ঠায় বর্ণিত পরীক্ষাগুলিতে কতকগুলি পদার্থের উপর **বিকারকের (reagent)** ক্রিয়ার ফলে নির্গত গ্যাসগুলির বর্ণ ও গন্ধ লক্ষ্য করিয়া কিরূপে গ্যাসগুলিকে সনাক্ত করা যায় তাহা বর্ণনা করা হইল।

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
১। একটি পরীক্ষা-নলে অল্প দস্তার ছিবড়া লইয়া সামান্য লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড ঢালা হইল।	গন্ধহীন, বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হইল।	নির্গত গ্যাসটি হাইড্রোজেন। $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$
একটি জ্বলন্ত শলাকা গ্যাসের মুখে ধরিলে,	শব্দ করিয়া গ্যাসটি জ্বলিয়া উঠিল কিন্তু শলাকাটি নিভিয়া গেল।	
দস্তার পরিবর্তে ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রণ লইয়া পরীক্ষা করিলে	গন্ধহীন, বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হইবে।	গ্যাসটি হাইড্রোজেন। $Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$
২। একটি পরীক্ষা-নলে পটাশিয়াম কার্বনেট লইয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড যোগ করা হইল।	বজ বজ করিয়া বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হইল।	
নির্গত গ্যাসের মুখে একটি জ্বলন্ত শলাকা ধরিলে,	শলাকাটি নিভিয়া গেল এবং গ্যাসটিও জ্বলিল না।	গ্যাসটি হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন নহে।
নির্গত গ্যাসটি একটি পরীক্ষা-নলে রক্ষিত স্বচ্ছ চূণজলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে,	চূণজল ঘোলা হইয়া গেল, অতিরিক্ত গ্যাস প্রবাহ পাঠাইলে ঘোলা চূণজল পুনরায় স্বচ্ছ হইল।	নির্গত গ্যাসটি কার্বন- $K_2CO_3 + 2HCl = 2KCl + CO_2 + H_2O$
পটাশিয়াম কার্বনেটের পরিবর্তে যে-কোন ধাতব কার্বনেটে লঘু এ্যাসিড মিশাইলে,	বজবজ করিয়া বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হইবে।	গ্যাসটি কার্বন ডাই-

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
৩। একটি পরীক্ষানলে সোডিয়াম সালফাইড লইয়া উহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক এ্যাসিড মিশাইলে,	পচা ডিমের ন্যায় গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হইবে।	নির্গত গ্যাসটি হাইড্রোজেন সালফাইড। $Na_2S + 2HCl = 2NaCl + H_2S$
নির্গত গ্যাসের মুখে লেড এ্যাসিটেট দ্রবণ-সিক্ত একটি কাগজ ধরিলে,	লেড এ্যাসিটেট কাগজটি কালো হইয়া যাইবে।	হাইড্রোজেন সালফাইড বর্ণহীন লেড এ্যাসিটেটকে কালো লেড সালফাইডে পরিণত করে।
সোডিয়াম সালফাইডের পরিবর্তে যে কোন সালফাইড লইয়া লঘু এ্যাসিড যোগ করিলে,	পচা ডিমের ন্যায় গন্ধযুক্ত গ্যাস নির্গত হইবে।	নির্গত গ্যাসটি হাইড্রোজেন সালফাইড।
৪। একটি পরীক্ষানলে সোডিয়াম সালফাইট লইয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক এ্যাসিড যোগ করা হইল।	পোড়া সালফারের ন্যায় গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হইল।	নির্গত গ্যাসটি সালফার ডাই-অক্সাইড। $Na_2SO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + SO_2 + H_2O$
গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড ও পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণসিক্ত একটি ফিল্টার কাগজ নির্গত গ্যাসের মুখে ধরিলে,	হলুদবর্ণের পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট কাগজ সবুজ হইয়া যাইবে।	সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস ডাইক্রোমেটকে বিজারিত করিয়া সবুজ ক্রোমিক সালফেটে পরিণত করে।
একটি কাচদণ্ড পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটে ডুবাইয়া নির্গত গ্যাসের মুখে ধরিলে,	গোলাপীবর্ণের পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বর্ণহীন হইয়া যাইবে।	সালফার ডাই অক্সাইড গ্যাস পারম্যাঙ্গানেটকে বিজারিত করে।

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
৫। একটি পরীক্ষানলে সোডিয়াম ক্লোরাইড লইয়া উহাতে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড মিশাইয়া সামান্য উত্তপ্ত করিলে,	সাদা ধোঁয়ার আকারে তীব্র গন্ধযুক্ত গ্যাস নির্গত হয়।	নির্গত গ্যাসটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড। $NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl$
একটি ভিজা নীল লিটমাস গ্যাসটির মুখে ধরিলে,	নীল লিটমাস লাল হইয়া	গ্যাসটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।
কাচ দণ্ড এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে ডুবাইয়া গ্যাসের মুখে ধরিলে,	সাদা ঘন ধোঁয়া উৎপন্ন হইবে।	এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সূক্ষ্ম গুঁড়া উৎপন্ন হয়।
৬। একটি পরীক্ষানলে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ লইয়া উহাতে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড মিশাইয়া সামান্য তাপ দিলে,	ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত হরিতাভ পীতবর্ণের গ্যাস নির্গত হয়।	নির্গত গ্যাসটি ক্লোরিন। $2NaCl+3H_2SO_4+MnO_2=2NaHSO_4+MnSO_4+Cl_2+2H_2O$
পটাশিয়াম আয়োডাইড ও স্টার্চ দ্রবণসিক্ত একটি কাগজ নিগত গ্যাসের মুখে ধরিলে,	স্টার্চ আয়োডাইড কাগজ নীল হইয়া যাইবে।	নির্গত গ্যাসটি ক্লোরিন।

এ্যাসিড-মূলকের সনাক্তকরণ ঃ

(Identification of acid Radicals)

প্রত্যেক লবণের দুইটি অংশ থাকে—একটি ধাতব অংশ, অপরটি অধাতব অংশ। লবণ প্রস্তুতের সময় ধাতব অংশটি ক্ষারক হইতে আসে বলিয়া উহাকে **ক্ষারকীয়-মূলক** **(Basic Radical)** এবং অধাতব অংশটি এ্যাসিড হইতে আসে বলিয়া উহাকে

(unknown inorganic salt) সনাক্ত করিতে হইলে, যে **ক্ষারকীয়-মূলক** ও অ্যাসিডমূলক লইয়া লবণ গঠিত, তাহা কতকগুলি পরীক্ষার দ্বারা নির্ণয় করা হয়। উভয় মূলকের পরীক্ষা দুইটি পদ্ধতিতে করা হয়—একটি **শুষ্ক-পরীক্ষা (Dry-Test)** এবং অপরটি **সিক্ত পরীক্ষা (Wet-Test)**। সাধারণতঃ প্রথমে শুষ্ক এবং পরে সিক্ত পরীক্ষা করা হইয়া থাকে। শুষ্ক পরীক্ষা কঠিন লবণ হইয়া এবং সিক্ত পরীক্ষায় লবণের দ্রবণ লইয়া পরীক্ষা করা হইয়া থাকে।

শুষ্ক পরীক্ষা (Dry Test)

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
১। একটি শুষ্ক পরীক্ষা-নলে সামান্য পরিমাণ কঠিন লবণ লইয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশান হইল।	(ক) বজ বজ করিয়া বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হইলে,	কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস
নির্গত গ্যাসটি স্বচ্ছ চূণ জলে প্রবাহিত করিলে,	চূণজল ঘোলা হইয়া গেল, অতিরিক্ত প্রবাহে ঘোলা জল পুনরায় স্বচ্ছ হইল।	কার্বনেট
	(খ) পচা ডিমের ন্যায় গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হইলে,	হাইড্রোজেন সাল-ফাইড গ্যাস
লেড অ্যাসিটেট দ্রবণ-সিক্ত একটি কাগজ গ্যাসের মুখে ধরিলে,	লেড অ্যাসিটেট কাগজ কালো হইয়া গেল।	সালফাইড
	(গ) পোড়া সালফারের গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হইলে,	সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড ও পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ-সিক্ত একটি কাগজ গ্যাসের মুখে ধরিলে,	হলুদবর্ণের ডাইক্রোমেট কাগজটি সবুজ হইয়া গেল।	সালফাইট
একটি কাচদণ্ড পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে ডুবাইয়া গ্যাসের মুখে ধরিলে,	গোলাপী বর্ণের পারম্যাঙ্গানেট বর্ণহীন হইয়া গেল।	সালফাইট
২। একটি শুষ্ক পরীক্ষা-নলে সামান্য লবণ লইয়া গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড মিশাইয়া সামান্য তাপ দিলে,	(ক) বজ বজ করিয়া বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হইলে,	কার্বনেট
	(খ) পচা ডিমের ন্যায় গন্ধযুক্ত গ্যাস নির্গত হইলে,	সালফাইড
	(গ) পোড়া সালফারের গন্ধযুক্ত গ্যাস নির্গত হইলে,	সালফাইট
	(ঘ) সাদা ধোঁয়ার আকারে তীব্র গন্ধযুক্ত গ্যাস নির্গত হইলে,	হাইড্রোক্লোরাইড গ্যাস
একটি ভিজা নীল লিটমাস কাগজ নির্গত গ্যাসের মুখে ধরিলে,	নীল লিটমাস লাল হইয়া গেল	ক্লোরাইড
একটি কাচদণ্ড এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে ডুবাইয়া গ্যাসের মুখে ধরিলে,	এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হইল।	ক্লোরাইড
৩। একটি শুষ্ক পরীক্ষা-নলে সামান্য লবণ ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্-		

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
সাইডের মিশ্রণ লইয়া উহাতে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া সামান্য তাপ দেওয়া হইল।	ঝাঁ ঝা ল গন্ধযুক্ত হরিতাভ পীতবর্ণের গ্যাস নির্গত হইল।	ক্লোরাইড
পটাশিয়াম আয়োডাইড ও স্টার্চ দ্রবণসিক্ত একটুকরা কাগজ গ্যাসের মুখে ধরিলে,	স্টার্চ আয়োডাইড কাগজ নীল হইয়া গেল।	ক্লোরাইড
৪। একটি শুষ্ক পরীক্ষা-নলে সামান্য লবণ লইয়া উহাতে কয়েক টুকরা তামার কুচি যোগ করিয়া সামান্য গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হইল।	গাঢ় বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন পারক্সাইড গ্যাস নির্গত হইল।	নাইট্রেট

সিক্ত পরীক্ষা (Wet Test)

কিছু কঠিন লবণ একটি বীকারে লইয়া পাতিত জলে দ্রবীভূত করা হইল। ঐ দ্রবণের কিছু অংশ পরীক্ষা-নলে লইয়া নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি করা হইল।

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
১। পরীক্ষা-নলে লবণের দ্রবণ লইয়া উহাতে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশান হইল। সাদা অধঃক্ষেপ দুই অংশে ভাগ করিয়া দুইটি পরীক্ষা-নলে লওয়া হইল—	(ক) সাদা অধঃক্ষেপ হইলে	ক্লোরাইড, কার্বনেট, সালফাইট হইতে পারে।
এক অংশে এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইয়া ঝাঁকান হইল।	সাদা অধঃক্ষেপ দ্রবণীয়	ক্লোরাইড, কার্বনেট, সালফাইট হইতে পারে।

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
অপর অংশে গাঢ় নাইট্রিক এ্যাসিড মিশান হইল।	সাদা অধঃক্ষেপ অদ্রবণীয়	ক্লোরাইড
	সাদা অধঃক্ষেপ দ্রবণীয়	কার্বনেট, সালফাইট হইতে পারে।
	(খ) কালো অধঃক্ষেপ হইলে	সালফাইড হইতে পারে।
কালো অধঃক্ষেপে লঘু নাইট্রিক এ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে,	কালো অধঃক্ষেপ তপ্ত নাইট্রিক এ্যাসিডে দ্রবণীয়।	সালফাইড হইতে পারে।
২। পরীক্ষা-নলে লবণের দ্রবণ লইয়া উহাতে বেরিয়াম ক্লোরাইড বা বেরিয়াম নাইট্রেট মিশান হইল।	সাদা অধঃক্ষেপ	সালফেট, সালফাইট, কার্বনেট হইতে পারে।
সাদা অধঃক্ষেপে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড মিশান হইল।	সাদা অধঃক্ষেপ অদ্রবণীয়	সালফেট
	সাদা অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়	সালফাইট, কার্বনেট হইতে পারে।
৩। পরীক্ষা-নলে লবণের দ্রবণ লইয়া উহাতে কয়েক ফোঁটা সদ্য প্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ মিশান হইল।	বেগুনী বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন হইল।	সালফাইড
৪। পরীক্ষা-নলে লবণের দ্রবণ লইয়া উহাতে সদ্য প্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ মিশান হইল। এই মিশ্রণে সাবধানে ধীরে ধীরে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড ঢালা হইল	সালফিউরিক এ্যাসিড ও মিশ্র দ্রবণের সংযোগস্থলে গাঢ় বাদামী বর্ণের বলয় গঠিত হইল।	নাইট্রেট

Oral Questions

1. Students of Chemisty invariably find that holes are Produced in their shirts, coats and dhoties after washing. Could you say how these holes are Produced ?

2. Suppose the laboratory servant, by mistake, interchanges the labels of HNO_3, HCl & H_2SO_4 acids. How will you use them correctly.

3. You use $BaCl_2$ to test 'sulphate' radical. Suppose $BaCl_2$ is out of stock in the laboratory; could you suggest any substitute ?

4. You are asked not to go to the Chemistry Practical class wearing a silver wrist watch, why ?

5. Why does K_2CrO_4 or $K_2Cr_2O_7$ turn green with a reducing agent whereas $KMnO_4$ becomes colourless ?

6. A salt Produces effervescence with dil. H_2SO_4 and the mixture turns K_2CrO_4 green. What do you conclude ? What further tests are necessary to ascertain the acid radical ?

7. What is the brown substance formed in the ring test & why ?

8. Why does lead acetate paper blacken with H_2S ?

9. Can lime water be used to confirm a sulphite ? Give reasons.

10. Why is $AgNO_3$ used to test for a chloride ?

11. A solution Produces white ppt. with $BaCl_2$ solution. What conclusion do you draw from it ? What further tests will you Perform to confirm the acid radical ?

12. You are given a black solid. It may be charcoal or manganese dioxide. How will you identify it ?

13. You are given three white solids, how will you Proceed to show whether they are acids, bases or salts ?

14. Glass stoppers in bottles of caustic soda often stick as if cemented into the bottle. Why ?

15. Why does an open bottle of conc. HCl fume in the air and fumes more strongly if the breath is blown across its mouth ?

16. A colourless oily liquid on being boiled with copper gives off a gas which turns $K_2Cr_2O_7$ solution green. What is the liquid ?

পর্য্যায়-সারণী

পর্য্যায়	শূন্য শ্রেণী	প্রথম শ্রেণী A	প্রথম শ্রেণী B	দ্বিতীয় শ্রেণী A	দ্বিতীয় শ্রেণী B	তৃতীয় শ্রেণী A	তৃতীয় শ্রেণী B
প্রথম		1 H 1·008					
দ্বিতীয়	2 He 4·003	3 Li 6·940		4 Be 9·02			5 B 10·82
তৃতীয়	10 Ne 20·183	11 Na 22·997		12 Mg 24·32			13 Al 26 97
চতুর্থ	18 A 39·91	19 K 39·104	29 Cu 63·54	20 Ca 40·07	30 Zn 65·38	21 Sc 45·10	31 Ga 69·72
পঞ্চম	36 Kr 82 92	37 Rb 85·44	47 Ag 107·88	38 Sr 87 63	43 Cd 112·41	39 Y 88 92	49 In 114 76
ষষ্ঠ	54 Xe 130·2	55 Cs 132 81	79 Au 197·2	56 Ba 137·37	80 Hg 200·61	57* La 138·92	81 Tl 204 39
সপ্তম	86 Rn 222	87 Fr 223		88 Ra 226·05		89** Ac 227	

*Rare Earths—	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd
58—71	58	59	60	61	62	63	64
	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm
**Actinides—	90	91	92	93	94	95	96

(Periodic Table)

চতুর্থ শ্রেণী A	চতুর্থ শ্রেণী B	পঞ্চম শ্রেণী A	পঞ্চম শ্রেণী B	ষষ্ঠ শ্রেণী A	ষষ্ঠ শ্রেণী B	সপ্তম শ্রেণী A	সপ্তম শ্রেণী B	অষ্টম শ্রেণী		
	6 C 12 01		7 N 14 008		8 O 16 00		9 F 19 00			
	14 Si 28 06		15 P 31 027		16 S 32 064		17 Cl 35 457			
22 Ti 47 90	32 Ge 72 60	23 V 50 96	33 As 74 91	24 Cr 52 01	34 Se 79 2	25 Mn 54 93	35 Br 79 916	26 Fe 55 84	27 Co 58 94	28 Ni 58 69
40 Zr 91 22	50 Sn 118 70	41 Nb 92 91	51 Sb 121 77	42 Mo 95 95	52 Te 127 5	43 Tc 99 0	53 I 126 93	44 Ru 101 7	45 Rh 102 91	46 Pd 106 1
72 Hf 178 6	82 Pb 207 21	73 Ta 181 5	83 Bi 209	74 W 184	84 Po 210	75 Re 186 31	85 At 212	76 Os 190 8	77 Ir 193 1	78 Pt 195 23
90 Th 232 12		91 Pa 234		92 U 238 14						

Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
65	66	67	68	69	70	71
Bk	Cf	E	Fm	Mv		
97	98	99	100	101		

Board of Secondary Education, West Bengal

CHEMISTRY (Science Group)

First Paper

(**Theoretical**)

Time—Three Hours Full Marks—7

Special credit will be given for answers which are brief and to the point. Marks will de deducted for spelling mistakes, untidiness and bad handwriting. The questions are of equal value. Three marks are reserved for neatness and general impression.

1960

Group A

(*Answer any* **Three** *questions*)

1. What do you understand by the terms : atom, molecule, symbol, and formula ?

What does a chemical equation indicate ? Illustrate with reference to the equation $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$. What does not this equation state about the chemical reaction involved ?

2. State the law of conservation of mass. How would you verify it experimentally ? How do you explain the loss in weight of a candle on burning in open air ?

3. State Avogadro's hypothesis.

One volume of hydrogen combines with one volume of chlorine to form two volumes of hydrochloric acid gas (The volumes are measured under the same conditions of temperature and pressure). Deduce the formula of hydrochloric acid gas from this observation, given that molecules of hydrogen and of chlorine diatomic.

Prove that molecular weight of a gas or vapour is twice its vapour density.

4. Write short notes on : (a) water of crystallisation, (b) catalysis, and (c) super-saturated solution. Give examples.

5. Calculate the weight of potassium chlorate which on heating will liberate 3·04 litres of oxygen at 27°C and 750 mm. pressure. (At. wt. of K = 39, and of Cl = 35·5)

Group B

(*Answer any* **Three** *questions*)

6. (a) What do you understand by 'oxidation' and 'reduction'? Give examples. (b) What is 'nascent state'? How would you prove that nascent hydrogen is a stronger reducing agent than ordinary hydrogen?

7. How is hydrogen peroxide prepared? State its important Properties and uses.

What happens when a dilute aqueous solution of hydrogen peroxide is evaporated on a water-bath?

8. State, giving equations, what happens when : (a) lead nitrate is strongly heated, (b) sodium nitrate is heated with concentrated sulphuric acid, (c) moderately dilute nitric acid is added to copper turnings, and (d) ammonium nitrate is heated. Mention in each case the colour of the gas or vapour evolved and also of the residue, if any.

9. How is ammonia prepared in the laboratory? How is the gas dried and collected? Sketch the apparatus used. State its principal properties and uses.

10. Describe briefly how the following substances are prepared : (a) orthophosphoric acid from bone ash, (b) red phosphorus, (c) hydrochloric acid from sodium chloride, and (d) Chlorine from concentrated hydrochloric acid. State the important physical and chemical properties of chlorine.

1960

Group A

(*Answer any* **Three** *questions*)

1. Explain the following terms with reference to one example : solution, solvent, solute.

Starting from a dilute solution of sodium chloride in water, how would you prepare (*a*) pure water, and (*b*) pure crystals of sodium chloride ? Give experimental details.

2. Describe *one* experiment in *each* case to prove that :

(*i*) air contains oxygen ;

(*ii*) it is a mixture and not a compound of oxygen and nitrogen ; and

(*iii*) oxygen and nitrogen are present in air in the ratio of approximately 1 : 4 by volume.

3. State Dalton's 'Atomic Theory' and indicate its utility. Explain what you understand by 'atomic weight' of an element.

4. Write short notes on any *three* of the following :—

(*a*) acidic oxide and basic oxide ;

(*b*) hard water and soft water ;

(*c*) Gay-Lussac's law of gaseous volumes ; and

(*d*) solubility curves.

5. Calculate the weight of zinc which when dissolved in excess of dilute sulphuric acid will liberate 0·57 litre of hydrogen at 27°C. and 750 mm. pressure. How much $ZnSO_4$ will be produced ? [At. wts.— Zn = 65·38, S = 32]

Group B

(*Answer any* **three** *questions*)

6. When mercuric oxide is strongly heated in a hard glass tube a gas is evolved ; what is the name of the gas ? Describe

combustion and acts as an oxidising agent in each equations.

7. How is hydrochloric acid gas prepared in the laboratory ? Describe experiments to illustrate : (*a*) it is very soluble in water and is acid to litmus ; (*b*) its reaction with ammonia gas and (*c*) with silver-nitrate solution.

What happens when concentrated hydrochloric acid is electrolysed ?

8. (*a*) Describe two purely chemical reactions by which hydrogen may be obtained from water. Give equations.

(*b*) Describe an experiment to show that water is produced when hydrogen reduces an oxide of a metal.

9. How is white phosphorus obtained from a mineral containing calcium phosphate ?

Starting with white phosphorus, how would you prepare (*a*) red phosphorus, (*b*) phosphorus pentoxide and (*c*) orthophosphoric acid ?

10. A colourless crystalline compound has the following percentage composition : sulphur, 24·24 per cent., nitrogen, 21·21 per cent., hydrogen, 6·06 per cent. ; the rest is oxygen. Determine the empirical formula of the compound. Give the name of the compound if the molecular formula be the same as the empirical formula and if it is found to be a sulphate.

What will happen if the compound is heated with a concentrated solution of sodium hydroxide ? Give equation.
[At. wts.— S=32, N=14]

1960

Answer any **six** *questions, at least* **two** *being taken from each group.*

Group A

1. (*a*) Explain what is meant by *water of crystallisation.*

0·1 gm of a crystalline substance gave out, on heating, 0·0512 gms. of water and became anhydrous. Given that the molecular weight of the crystalline substance is 246, calculate the number of molecules of water of crystallisation in the compound.

(*b*) What weight of copper must be boiled with concentrated sulphuric cid-to give 50 c. c. of sulphur dioxide at 27°C and 750 mm. ? [Cu = 63·5].

2. Explain any *four* of the terms :—

(*a*) saturated solution ,

(*b*) solubility ;

(*c*) sublimation ;

(*d*) chemical compound ;

(*e*) gram molecule and gram-molecular weight ,

(*f*) electro-chemical equivalent.

Give *one* illustrative example in each case.

3. State the law of conservation of mass.

Describe one experiment each to show that the law holds good for : (*a*) rusting of iron ; (*b*) burning of charcoal ; (*c*) sublimation of camphor.

4. What is a chemical equation ?

State all that is implied in the equation $2H_2 + O_2 = 2H_2O$, and give experimental evidence for each part of your statement.

Group B

5. BaO_2 is called barium *per*oxide, but MnO_2 is called manganese *di*oxide ; why ?

Describe how a dilute aqueous solution of hydrogen peroxide may be prepared in the laboratory. How would you show that hydrogen peroxide (*a*) is an oxidising agent (give *two* reactions with equations), (*b*) decomposes into oxygen.

6. Give the names and formulae of two *gases* which possess bleaching properties, and account for their bleaching action.

Describe the preparation and collection of *one* of these gases in the laboratory, and give two examples (with equations) of its oxidising or reducing property, as the case may be.

7. Describe how ammonia is prepared, dried and collected in the laboratory. Describe one experiment each to show its (*a*) high solubility in water, (*b*) basic character, and (*c*) inflammability.

State the conditions in which it can be oxidised to nitric oxide or nitric acid.

8. What are (*a*) bone black ; (*b*) bone ash ?

Starting from bone ash describe how you would prepare (*a*) orthophosphoric acid, (*b*) white phosphorus.

What is superphosphate of lime and what is its use ?

9. Describe the commercial preparation of carbon dioxide, giving a labelled sketch of the kiln.

State, giving equations, what happens when carbon dioxide is passed through (*a*) lime water ; (*b*) solution of common salt saturated with ammonia.

Write a short note on the carbon cycle.

10. How is hydrochloric acid manufactured ?

Describe its action on : (*a*) iron, (*b*) ferric oxide, (*c*) manganese dioxide, (*d*) silver nitrate solution. State the conditions in which the reactions take place and the visible changes that may be observed. Give equations.

1960

Answer six *questions, at least* two *being taken from each group.*

Group A

1. Write short notes on any *four* of the following :—

   (*a*) Oxidation and reduction.

   (*b*) Colloidal solution.

   (*c*) Distillation.

   (*d*) Catalysis.

   (*e*) Gram atom. $4 \times 3 = 12$

2. State the law of definite Proportion.

Given that (*a*) 0·12 gm. of a metal gives 0·20 gm. of oxide when heated in air ; (*b*) its carbonate and nitrate contain 28·5% and 16·2% of the metal respectively,—apply the Law to calculate what weight of the oxide will be obtained by heating 1·00 gram each of the carbonate and the nitrate. $2+5+5=12$

3. Describe briefly Lavoisier's bell-jar experiment on the composition of air and show how his experiment proved conclusively that air contains one-fifth by volume of oxygen. 12

4. Oxygen obtained by heating 12·25 gms. of potassium chlorate is passed over 5·00 gms. of pure, dry and heated carbon. A part of the carbon burns to carbon dioxide. What is the volume of this CO_2 formed at 27°C and 75 cm., and what is the weight of residual carbon ? [K=39, Cl=35·5, O=16].

$6+6=12$

Group B

5. How, and under what conditions, does water react with (*a*) sodium ; (*b*) iron ; (*c*) phosphorus pentoxide ; (*d*) sodium peroxide ; (*e*) chlorine ; (*f*) carbon ? Give equations. $6 \times 2 = 12$

6. What are the conditions in which ammonia may be manufactured from its elements ? (Reasons for these conditions are *not* required.)

Describe experiments to illustrate that ammonia (*a*) is highly soluble in water and the solution is alkaline to litmus ; (*b*) may be burnt in excess of oxygen. 6+3+3=12

7. Describe one process for the manufacture of chlorine. State, giving equations, the action of chlorine on (*a*) ammonia ; (*b*) moist slaked lime ; (*c*) potassium iodide ; (*d*) antimony powder or sodium. 6+6=12

8. Write short notes on :—

(*a*) The use of H_2S as an analytical reagent.

(*b*) Law of Conservation of Mass. 6+6=12

9. Describe the preparation of carbon monoxide in the laboratory.

Compare its properties with those of carbon dioxide.

How could a gas jar containing carbon monoxide be distinguished from a gas jar containing hydrogen ? 5+4+3=12

10. Describe an experiment by which the composition by weight of carbon dioxide may be determined.

In one such experiment it was found that 0·66 gm. of carbon dioxide was obtained from 0·18 gm of carbon. From this result show how the formula of the gas may be deduced. 8+4=12